

ФОТОГРАФИЧЕСКИЕ
И ФИЗИЧЕСКИЕ
МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ
ВЕЩЕСТВЕННЫХ
ДОКАЗАТЕЛЬСТВ

ГОСЮРИЗДАТ

1962

КИЕВСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
СУДЕБНОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ
МИНИСТЕРСТВА ЮСТИЦИИ УССР

ФОТОГРАФИЧЕСКИЕ И ФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЕЩЕСТВЕННЫХ ДОКАЗАТЕЛЬСТВ

ПОСОБИЕ ДЛЯ ЭКСПЕРТОВ,
РАБОТНИКОВ ОРГАНОВ ДОЗНАНИЯ,
ПРОКУРАТУРЫ И СУДА

ПОД РЕДАКЦИЕЙ
КАНДИДАТА ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК
Н. М. ЗЮСКИНА И
ДОЦЕНТА Б. Р. КИРИЧИНСКОГО

Государственное издательство
ЮРИДИЧЕСКОЙ ЛИТЕРАТУРЫ
Москва — 1962

и
еб-
ики
ан-
со-
при
кое
уче-
су-
али-
ава-
тов,
оль-
ель-
сде-
ако-
лед-
при-
на-
ана-
фии,
афи-
е во-
в со-
обхо-
рной

Пособие „Физические и фотографические методы исследования вещественных доказательств“ написано коллективом авторов.

Е. Ю. Брайчевская — главы 4, 5 (§ 2), 6, 15 (II).

Е. Ю. Брайчевская и А. И. Манцетова — глава 8.

В. Г. Дроздов — глава 9.

Н. М. Зюскин — главы 1 (§ 1—5), 3, 5 (§ 1 и 3), 10, 11, 14, 15 (п. III), приложение.

Б. Р. Киричинский — главы 1 (§ 6), 2, 13, 15 (II), 16, 17, 18, 19, 20, приложение.

Б. Р. Киричинский и А. И. Манцетова — глава 7.

Н. С. Романов — глава 12.

ОГЛАВЛЕНИЕ

	<i>Стр.</i>
От редакторов	3

Часть первая

ЛАБОРАТОРНАЯ ТЕХНИКА

Глава I

Лабораторные работы

§ 1. Химическая техника	7
§ 2. Слесарные работы	17
§ 3. Формование и получение слепков	21
§ 4. Клеи, замазки и цементы	24
§ 5. Источники электроэнергии	25
§ 6. Электроизмерительные приборы	31

Глава II

Техника измерений

§ 1. Общие сведения	37
§ 2. Измерение линейных размеров	45
§ 3. Взвешивание	51
§ 4. Измерение удельного веса	53

Глава III

Источники света и их свойства

§ 1. Общие сведения	58
§ 2. Естественное солнечное освещение	60
§ 3. Лампы накаливания	63
§ 4. Дуговые лампы	68
§ 5. Газосветные лампы	70
§ 6. Импульсные лампы	79

*Часть вторая***ФОТОГРАФИЧЕСКОЕ ВОСПРОИЗВЕДЕНИЕ
В ЧЕРНО-БЕЛОМ ИЗОБРАЖЕНИИ***Глава IV*

Сенситометрия	85
-------------------------	----

*Глава V***Воспроизведение тонов в судебной фотографии**

§ 1. Воспроизведение яркостей объекта в фотографическом изображении	105
§ 2. Методы изменения контраста	109
§ 3. Различение слабовидимых деталей в судебной фотографии	125

*Часть третья***ВОСПРОИЗВЕДЕНИЕ ЦВЕТА В ЧЕРНО-БЕЛОМ
И ЦВЕТНОМ ИЗОБРАЖЕНИИ***Глава VI***Цвет и его измерение**

§ 1. Понятие о цвете	137
§ 2. Аддитивное образование цветов	143
§ 3. Субтрактивное образование цветов	145
§ 4. Измерение цвета	146

*Глава VII***Светофильтры**

§ 1. Светофильтры и их применение	156
§ 2. Характеристика светофильтров	157
§ 3. Типы светофильтров	160
§ 4. Классификация и маркировка светофильтров	161
§ 5. Изготовление светофильтров	164
§ 6. Правила обращения со светофильтрами	165
§ 7. Применение спектральных осветителей	166

*Глава VIII***Правильная и искаженная передача яркостей цветных
объектов в черно-белом изображении**

§ 1. Правильное воспроизведение яркостей цветных объектов	168
§ 2. Цветоделительная фотография	173
§ 3. Метод маскирования	185

Глава IX

Применение цветной фотографии в экспертной практике . 189

Часть четвертая

СПЕЦИАЛЬНЫЕ ФОТОГРАФИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ

Глава X

Метрическая фотография 209

Глава XI

Стереоскопическая фотография

- § 1. Стереоскопическое зрение 229
- § 2. Методы воспроизведения стереорельефа 231
- § 3. Условия правильного воспроизведения объекта в стереоскопическом изображении 233
- § 4. Практика стереоскопической съемки 236
- § 5. Применение стереофотографии в криминалистической экспертизе 239

Глава XII

Микроскопия и микрофотография

I. Микроскопия

- § 1. Микроскопия как метод исследования вещественных доказательств 242
- § 2. Приборы для микроскопического исследования вещественных доказательств 242
- § 3. Микроскоп как оптический прибор 245
- § 4. Механическая и оптическая части микроскопа 247
- § 5. Вспомогательная оптическая система микроскопа, источники света, осветители 250
- § 6. Методика микроскопического исследования вещественных доказательств 253
- § 7. Микроскопические измерения 265

II. Микрофотография

- § 1. Введение 276
- § 2. Микрофотографирование с одним объективом 277
- § 3. Микрофотографирование через микроскоп 279
- § 4. Глубина резкости при микросъемке 281
- § 5. Микрофотографические аппараты 282
- § 6. Методика микрофотографии 284
- § 7. Особые случаи микросъемки 285

Глава XIII

Стр.

Исследования в поляризованном свете

§ 1. Понятие о поляризованном свете	292
§ 2. Поляроиды	295
§ 3. Применение поляризационных фильтров при криминалистических исследованиях	296
§ 4. Поляризационный микроскоп	298

Глава XIV

Контактно-диффузионные методы исследования

§ 1. Введение	305
§ 2. Копирование на папиросную бумагу	305
§ 3. Диффузия органических красителей в желатиновый слой	306
§ 4. Горячее копирование	309
§ 5. Адгезия при копировании	309
§ 6. Контактно-диффузионные методы с применением светочувствительных фотографических слоев	310
§ 7. Электролиз при контактном методе	313
§ 8. Электрофорез для переноса органических красителей	314

Глава XV

Особые случаи фотографирования и применения фотографических методов

I. Фотографирование следов папиллярных узоров		316
II. Фотографирование оптических неоднородностей и повреждений стекла		
§ 1. Оптические неоднородности стекла и их выявление		321
§ 2. Фотографическая фиксация повреждений стекла		324
III. Методы фиксации следов микроскопического размера		326

Часть пятая

ФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Глава XVI

Исследование в инфракрасных лучах

§ 1. Применение инфракрасных лучей при криминалистических исследованиях	337
§ 2. Техника работы с инфракрасными лучами	339

	<i>Стр</i>
§ 3. Визуальные наблюдения в крайней красной и ближней инфракрасной частях спектра	352
§ 4. Визуальные наблюдения с помощью электронно-оптических преобразователей	353
§ 5. Фотографирование в инфракрасных лучах	355
§ 6. Фотометрические и спектрофотометрические измерения	362
§ 7. Абсорбционный молекулярный анализ	366
§ 8. Применение инфракрасных лучей при криминалистических исследованиях	367

Глава XVII

Исследования в ультрафиолетовых лучах

§ 1. Ультрафиолетовые лучи и их применение	382
§ 2. Источники ультрафиолетовых лучей	384
§ 3. Способы выделения ультрафиолетовых лучей	390
§ 4. Приемники ультрафиолетовых лучей	394
§ 5. Методы исследования в ультрафиолетовых лучах	397
§ 6. Применение ультрафиолетовых лучей при криминалистическом исследовании вещественных доказательств	407

Глава XVIII

Люминесцентный анализ

§ 1. Природа и основные закономерности явления фотолюминесценции	416
§ 2. Визуальное наблюдение фотолюминесценции	421
§ 3. Фотографирование картины люминесценции	427
§ 4. Исследование красной и инфракрасной люминесценции	429
§ 5. Исследование ультрафиолетовой люминесценции	432
§ 6. Люминесцентная микроскопия	433
§ 7. Аппаратура для исследования люминесценции	434
§ 8. Приемы люминесцентного анализа	437
§ 9. Катодо- и рентгенолюминесценция	454
§ 10. Хемилюминесценция	455

Глава XIX

Исследования в рентгеновских лучах

§ 1. Рентгеновские лучи и возможности использования их при криминалистических исследованиях	457
§ 2. Свойства рентгеновских лучей	459
§ 3. Рентгеновские аппараты	463
§ 4. Рентгеновская лаборатория и ее оборудование	467
§ 5. Методы исследования в рентгеновских лучах	469
§ 6. Метод просвечивания	470
§ 7. Фотоэлектронография	479
§ 8. Рентгеновский структурный анализ	482

	<i>Стр.</i>
§ 9. Рентгеновский спектральный анализ	485
§ 10. Применение рентгеновских лучей в различных случаях криминалистического исследования вещественных дока- зательств	485

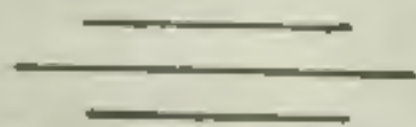
Глава XX

Применение радиоактивных изотопов и излучений при исследовании вещественных доказательств

§ 1. Радиоактивные излучения и их свойства	498
§ 2. Гаммаграфия (гаммадефектоскопия)	499
§ 3. Применение бета-лучей при криминалистических иссле- дованиях	509
§ 4. Измерение толщины объектов с помощью бета-лучей . .	512
§ 5. Бетарадиография	515

ПРИЛОЖЕНИЕ

Применение физических и фотографических методов при исследовании документов	523
--	-----



ОТ РЕДАКТОРОВ

Возросшее значение вещественных доказательств и криминалистической экспертизы в следственной и судебной практике и развитие криминалистической техники вызывают необходимость систематизации разработанных методов исследования.

Настоящая книга является попыткой создания пособия по исследованию вещественных доказательств при помощи физических и фотографических методов. Такое пособие послужило бы целям наиболее глубокого изучения криминалистической техники следственными и судебными работниками.

Руководство рассчитано на экспертов-криминалистов, следственных и судебных работников, преподавателей криминалистики, судебно-медицинских экспертов, студентов юридических вузов, а также на лиц, использующих методы научной фотографии для исследовательских и практических целей.

При изложении материала авторы стремились сделать его доступным широкому кругу читателей, знакомых с физикой в объеме знаний средней школы. Вследствие этого в книгу не включены некоторые методы, применение которых требует специальной подготовки, например, спектральный анализ, рентгеноструктурный анализ, электронная микроскопия.

Чтение книги предполагает знание основ фотографии, поэтому в ней не затрагиваются вопросы фотографической оптики, обработки фотоматериалов и иные вопросы общей фотографической техники, описанные в соответствующих руководствах. Авторы считали необходимым изложить некоторые вопросы лабораторной

техники, которые, как показывает практика, встречаются наибольшие затруднения у экспертов-криминалистов.

Большинство иллюстраций, помещенных в настоящей книге, взяты из практики Киевского и Харьковского научно-исследовательских институтов судебной экспертизы. Часть иллюстраций заимствована из литературных источников, список которых приводится в конце каждой главы.

Авторский коллектив выражает свою благодарность кандидату юридических наук А. А. Эйсману и доценту А. И. Даниленко, оказавшим помощь своими советами при подготовке пособия к печати.

Авторы с благодарностью примут также все критические замечания, которые просят направлять по адресу: г. Киев, Большая Житомирская, 19, Киевский научно-исследовательский институт судебной экспертизы.

Часть первая

ЛАБОРАТОРНАЯ
ТЕХНИКА

ЛАБО

§ 1.

а) Химическая

Для химических ре
творов служит хими
товляемая из стекла

Для химических
да — колбы, стакани
торые выдерживают

Для хранения чи
ний посуда должна

чистой посуды явля
поверхности, вода и

ческой посуды для
следующим образом.

центрированной сери
которая готовится п

насыщенного на хлор
концентрированной со

ластивается водопров
дистиллированной во
щелочной раствор

сетки посуды мо
раствор. Нельзя очищать
это приводит к се

используемых ча

Глава I

ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

§ 1. Химическая техника

а) Химическая и лабораторная посуда. Для химических реакций и хранения химикатов и растворов служит химическая и лабораторная посуда, изготовляемая из стекла и фарфора.

Для химических реакций служит химическая посуда — колбы, стаканы и пробирки из тонкого стекла, которые выдерживают нагревание.

Для хранения чистых химикатов и химических операций посуда должна быть совершенно чистой. Признаком чистой посуды является свободное стекание воды с ее поверхности, вода не образует потеков. Очистка химической посуды для хранения химикатов производится следующим образом. Химическая посуда очищается концентрированной серной кислотой или хромовой смесью, которая готовится путем смешивания равных объемов насыщенного на холоде раствора бихромата калия и концентрированной серной кислоты, после чего прополаскивается водопроводной водой и затем два-три раза дистиллированной водой. Хорошо очищает посуду щелочной раствор марганцевокислого калия. Для очистки посуды можно применять также мыльный раствор.

Нельзя очищать посуду при помощи песка, так как это приводит к образованию на поверхности стекла мельчайших царапин, вызывающих растрескивание.

В том случае, если требуется сухая посуда для хранения химикатов, ее нельзя вытирать изнутри полотенцем и тряпкой. Посуду или переворачивают вверх дном и в таком виде высушивают либо нагревают в сушильном шкафу.

В том случае, если посуда предназначена для веществ, не требующих чистоты (технических препаратов), посуда изнутри может быть вытерта чистым полотенцем или фильтровальной бумагой.

Чистую посуду во избежание попадания пыли необходимо закрывать ватой или чистой бумагой.

Химикаты хранятся в банках и склянках с притертой стеклянной пробкой, с корковой или резиновой пробкой или с пластмассовой крышкой. Банки и склянки изготавливаются из толстостенного стекла и не годятся для нагревания.

Банки со стеклянной притертой пробкой (шлифом) служат для хранения химически чистых веществ; в них нельзя держать щелочи. Для хранения кислот и легко летучих веществ служат склянки с пришлифованной пробкой и пришлифованным же колпачком.

Резиновые пробки нельзя применять при хранении веществ, которые разъедают или растворяют резину, в частности ими нельзя закрывать посуду с кислотами и растворителями (керосином, бензином и т. п.).

Корковые пробки перед закрыванием посуды должны быть обжаты на пробкомьялках; при этом они становятся мягкими и тогда ими легко закрывать отверстия.

Отверстия в пробках делают специальными сверлами. Для сверления резиновых пробок сверла смачивают водой, или лучше, раствором щелочи.

Кроме того, в лабораториях применяются иные приспособления из стекла — воронки, чашки, кристаллизаторы (плоскодонные широкие чашки), чашки Петри (низкие плоские чашки), эксиккаторы — герметически закрывающиеся сосуды с пришлифованной крышкой, холодильники, стеклянные палочки для размешивания и др.

Фарфоровая посуда в лаборатории применяется следующая: стаканы, чашки, ступки; тигли для прокаливания; воронки; фарфоровые ложки и шпатели.

Очистка фарфоровой посуды производится так же, как и стеклянной; фарфоровые ступки могут быть очищены песком.

Стеклянная посуда
паратуры. В лабораториях
тальная посуда
без нее; 1) Мерная посуда
жидкостей; 2) Мерные
приборами; 3) Туре, указывающие
калибруют; 4) Чета на о
колбы жидкостей
жидкости
ния при
придерживать
прикоснуться
рый произ
время посл
1—2 секун
со стенок.
Отмерив
дится по н
В лабора
вые трубки
ров. Резино
или действ
и др.) и сил
б) Хим
химикатов
исключением
(например,
Сосуды
для того, что
духе пары и
ния легко ис
На каждо
на находитьс
держится в
суду, желате
тить на накле

Стеклянные трубки применяются для изготовления аппаратуры, соединения сосудов, подвода газов и жидкостей.

В лаборатории имеет широкое применение измерительная посуда: мерные колбы с притертой пробкой и без нее; пипетки, мерные цилиндры, мензурки, бюретки. Мерная посуда служит только для измерения объемов жидкостей; пользоваться ею для хранения и изготовления растворов или нагревания нельзя.

Мерные колбы, пипетки и бюретки являются точными приборами и калибруются при определенной температуре, указанной на этой посуде. Мерные колбы обычно калибруются на вливание, т. е. метка наносится из расчета на объем жидкости в колбе. Объем вылитой из колбы жидкости будет несколько меньшим, так как часть жидкости остается на стенках. Для точного отмеривания при выливании жидкости из пипеток необходимо придерживаться определенных правил — при выливании прикоснуться концом пипетки к стенке сосуда, в который производится выливание, и выждать определенное время после вытекания основного объема жидкости — 1—2 секунды — для того, чтобы жидкость успела стечь со стенок.

Отмеривание жидкостей в мерной посуде производится по нижнему краю мениска.

В лаборатории также широко применяются резиновые трубки, служащие для соединения сосудов и приборов. Резиновые трубки нельзя подвергать нагреванию или действию растворителей (спирта, эфира, бензина и др.) и сильных кислот и щелочей.

б) Химикаты и их хранение. Для хранения химикатов следует применять стеклянную посуду, за исключением реактивов, которые действуют на стекло (например, плавиковая кислота).

Сосуды с химикатами должны быть плотно закрыты для того, чтобы в них не проникали находящиеся в воздухе пары и газы, а также чтобы избежать улетучивания легко испаряющихся веществ.

На каждой банке с химикатом или реактивом должна находиться надпись, указывающая, какой химикат содержится в сосуде. Перед помещением химиката в посуду, желательно ее взвесить и вес пустой посуды отметить на наклейке.

Вещества, которые легко окисляются (например сульфит натрия) или гигроскопичны и поглощают влагу из воздуха (например, едкий натр, фосфорный ангидрид), необходимо хранить в посуде с плотно закрытой пробкой, залитой парафином.

Жидкие кислоты и аммиак следует хранить в склянках с притертыми пробками, желательнее с притертыми же колпачками: склянки с этими химикатами необходимо помещать в вытяжном шкафу на фарфоровых подставках.

Ядовитые и сильнодействующие, а также огнеопасные вещества необходимо держать под замком. К таким веществам относятся бром, натрий, сероуглерод, спирты метиловый и этиловый (винный), бензин, коллодий, эфир, ацетон.

в) Изготовление растворов и приготовление реактивов. Для изготовления растворов твердые вещества должны быть взвешены. Жидкие вещества удобнее отмерять при помощи мерной посуды, принимая во внимание их удельный вес. (Взвешивание и отмеривание описано в главе III.)

При взвешивании химикаты нельзя помещать непосредственно на чашку весов. Их следует взвешивать или на листках бумаги, или в стеклянном сосуде, предварительно взвешенном или тарированном. Для взвешивания удобны большие часовые стекла.

Химикаты из банки необходимо набирать чистым совком или ложкой (стеклянной или фарфоровой).

Следует иметь в виду, что концентрация растворов может быть указана различным образом: в некоторых случаях указывается соотношение количества вещества с определенным количеством растворителя. Например, необходимо 2 г вещества растворить в 100 мл воды. В других случаях указывается количество вещества в определенном объеме раствора, например, 2 ч. в 100 мл раствора. Для приготовления такого раствора отвешивают 2 ч. вещества, отмеривают количество растворителя несколько меньшее, чем 100 мл (75—80 мл), растворяют в нем вещество и затем раствор доводится в мерной посуде до объема 100 мл путем доливания воды.

Концентрация фотографических растворов обычно указывается в граммах вещества в определенном объеме раствора.

Растворение твердых веществ значительно ускоряется, если их предварительно размельчить или если их растворять при нагревании.

Для изготовления растворов обычно применяется дистиллированная вода, получаемая путем перегонки в специальных перегонных аппаратах. Хранить дистиллированную воду следует в хорошо закупоренных сосудах.

При изготовлении растворов и производстве химических реакций необходимо соблюдать правила предосторожности, а именно: едкие щелочи необходимо брать щипцами, так как они действуют на кожу.

При изготовлении растворов веществ, бурно реагирующих с водой, необходимо эти вещества прибавлять к воде небольшими порциями при хорошем перемешивании: например, серную кислоту необходимо приливать к воде, а не наоборот, так как в противном случае может произойти вскипание и разбрызгивание раствора.

Реакции, которые сопровождаются выделением вредных паров или газов, необходимо производить в вытяжном шкафу.

При нагревании в пробирках следует держать их так, чтобы при возможном выбрызгивании раствора он не попал на работающего или его соседей.

г) **Фильтрование.** Фильтрование растворов для очистки их от загрязнений в виде твердых частиц производится через различные фильтры. Фильтры помещаются в стеклянной воронке.

Для отделения крупных хлопьевидных частиц можно воспользоваться гигроскопической ватой, комки которой кладется в воронку. Раствор сливается в воронку при помощи стеклянной палочки, концом которой вата удерживается в воронке, а край сосуда соприкасается с палочкой. Если осадок в сосуде с раствором находится на дне, его не следует взбалтывать, жидкость нужно слить с осадка, а затем уже, под конец фильтрования, взмутив осадок, вылить его в воронку.

В том случае, если жидкость разъедает или растворяет обычную вату (кислоты, щелочи), для фильтрования следует взять стеклянную вату. Стеклянную вату нельзя брать руками; ее желательно захватывать пинцетом.

Для отделения более тонких осадков берут фильтровальную бумагу. Для легко фильтрующихся осадков (не забивающих фильтр) фильтровальную бумагу склады-

вают вчетверо, затем края обрезают ножницами с таким расчетом, чтобы готовый фильтр не доходил на 1 см до краев воронки. Вложенный в воронку фильтр перед фильтрованием рекомендуется смочить дистиллированной водой и плотно прижать к стенкам так, чтобы между фильтром и воронкой не проходил воздух. Образующийся в трубке воронки столб жидкости способствует более быстрому фильтрованию.

Если осадок фильтруется медленно и забивает поры бумаги, берут складчатый фильтр, у которого фильтрующая поверхность значительно большая.

Складчатый фильтр готовится следующим образом: лист бумаги складывается вчетверо, а затем на нем образуются складки.

После этого фильтр обрезается и расправляется с осторожностью, чтобы целостность бумаги не была нарушена.

Для фильтрования трудно фильтрующихся осадков служит особая фарфоровая воронка с дырчатым дном, на которое накладывается листок фильтровальной бумаги, закрывающий отверстия. Воронка вставляется в колбу с отрезком, в которой при помощи насоса создается разрежение.

д) Нагревание. Для нагревания в лабораториях применяются следующие источники тепла:

1. Электрические плитки с закрытым и открытым обогревом. Плитки с открытым подогревом следует оберегать от попадания растворов и химикатов во избежание перегорания спирали.

2. Электрические печи различных конструкций — тигельные, муфельные и др.

3. Газовые горелки. В горелке можно получить окислительное пламя и восстановительное (копящее), если закрыть доступ воздуха.

4. Примусы, паяльные лампы и горелки Бартеля.

Нагревание для испарения и перегонки веществ, температура кипения которых ниже температуры кипения воды, и в других случаях, когда не нужна высокая температура, производится на водяной бане, представляющей собой металлический сосуд, наполненный водой, который закрывается кружками, имеющими различный диаметр.

В том случае, если нагревание необходимо производить при более высокой температуре, применяются песчаные бани-сковородки, в которые насыпан песок.

Нагревание легко летучих горючих веществ нельзя производить при помощи нагревателей с открытым обогревом или открытым огнем.

Кроме того, в лабораториях применяются термостаты и сушильные шкафы с электрическим обогревом. Они служат для высушивания или нагрева при определенной температуре. Для контроля температуры в шкаф вставляется термометр и, в зависимости от его показаний, включается большее или меньшее число секций обогрева или вентиляционных отверстий. Применяются также термостаты с автоматической регулировкой температуры. В сушильных шкафах обычно применяются терморегуляторы, принцип действия которых основан на расширении (изгибе) биметаллической пластинки под действием тепла.

Многие химические реакции, в том числе и процессы фотографической обработки, необходимо вести при определенной температуре. При обычном фотографическом проявлении температура проявляющего раствора должна равняться 20° ; для цветного проявления — 18° . Для поддержания такой температуры применяются специальные термостаты.

Терморегулирующие устройства работают только в том случае, если вода в термостат может быть подана с температурой ниже 20° (или 18°) или если температура помещения не достигает этой величины. В противном случае необходимо прибегать к искусственному охлаждению раствора путем добавления льда.

е) П л а в л е н и е. Для многих целей криминалистической техники, в частности, для получения слепков или копий, те или иные вещества должны быть расплавлены или размягчены.

Следует заботиться о том, чтобы вещества не перегревались выше температуры плавления, так как многие вещества при этом испаряются, воспламеняются или окисляются на воздухе.

Для плавления удобнее всего применять фарфоровые чашки или тигли; в том случае, если вещество обладает низкой температурой плавления — воск, парафин и т. п., можно пользоваться водяной или песчаной баней; для нагрева также удобны асбестовые сетки, на которые помещается нагреваемый предмет. Для того чтобы снимать или держать сосуд с расплавленным веществом, следует пользоваться тигельными щипцами.

Металлы лучше плавить под слоем мелко истолченного угля, который предохраняет их от окисления.

В том случае, если при плавлении выделяются вредные пары или газы, эту операцию необходимо производить в вытяжном шкафу.

Для плавления легко воспламеняющихся веществ — парафин, воск, сера — не следует пользоваться открытым огнем или электроплитками с открытой спиралью. Всегда следует наготове держать лист асбеста. В случае воспламенения вещества можно легко погасить огонь, закрыв листом сосуд для прекращения доступа воздуха.

ж) Химические реакции. При криминалистических исследованиях нередко приходится прибегать к простейшим химическим реакциям для того, чтобы изучить взаимодействие тех или иных веществ.

Чаще всего химические реакции производятся между растворами или растворами и твердыми веществами. Для химических реакций применяются пробирки, в которых сливаются растворы или раствором действуют на твердое вещество. В некоторых случаях химические реакции производят в микроскопических размерах. Для этой цели каплю раствора помещают при помощи стеклянной палочки или тонкой пипетки на предметное стекло, или на него помещают крупинку вещества, а затем наносят таким же образом каплю реактива. Результаты реакции — образование осадков, кристаллов или изменение окраски — наблюдают при помощи лупы или микроскопа. В криминалистической технике при исследовании, например, чернил в штрихах, реактив наносят непосредственно на исследуемый предмет.

Известное значение в криминалистической практике имеют и реакции, в которых участвуют газообразные вещества (окуривание парами йода, аммиака, соляной кислоты). Такими химическими реакциями пользуются при исследовании документов. При производстве подобного рода реакций необходимо заботиться, во-первых, чтобы твердый или жидкий реактив, выделяющий пары, не попал на исследуемый предмет, и, во-вторых, чтобы пары и газы не выходили в атмосферу. Наиболее удобно эти реакции производить в кристаллизаторах соответствующего размера; они должны иметь диаметр

меньший, чем исследуемый документ. На дно кристаллизатора помещается вещество; кристаллизатор накрывается документом, который прижимается к краям кристаллизатора стеклянной пластинкой.

Для окуривания можно также пользоваться прибором, изображенным на рис. I—1. В сосуд помещаются кристаллики йода между слоями стеклянной ваты. Слегка подогревая сосуд теплом руки и нагнетая в колбу воздух при помощи груши, можно направить струю паров йода из отводной трубки на исследуемый предмет.

з) Сушка и увлажнение. Для высушивания различных предметов можно пользоваться следующими способами:

1. Естественная сушка на воздухе. Сушка на воздухе может быть быстрой и эффективной только при небольшой относительной влажности воздуха. Зимой в теплом помещении сушка идет быстрее, чем, например, летом в жаркую погоду после дождя. Естественная сушка может быть ускорена путем применения вентилятора. При медленной сушке возможно загнивание и плесневение предметов.

2. Высушивание в термостатах и сушильных шкафах с регулируемой температурой.

3. Высушивание в эксикаторах. В эксикаторе на дно помещается вещество, которое способно интенсивно поглощать влагу из воздуха (гранулированный безводный хлористый кальций, концентрированная серная кислота, пятиокись фосфора). На дырчатой фарфоровой пластинке над этим веществом располагается вещество, подлежащее высушиванию. Шлифы крышки эксикатора должны быть смазаны вазелином для достижения полной герметичности. Весьма эффективна сушка в

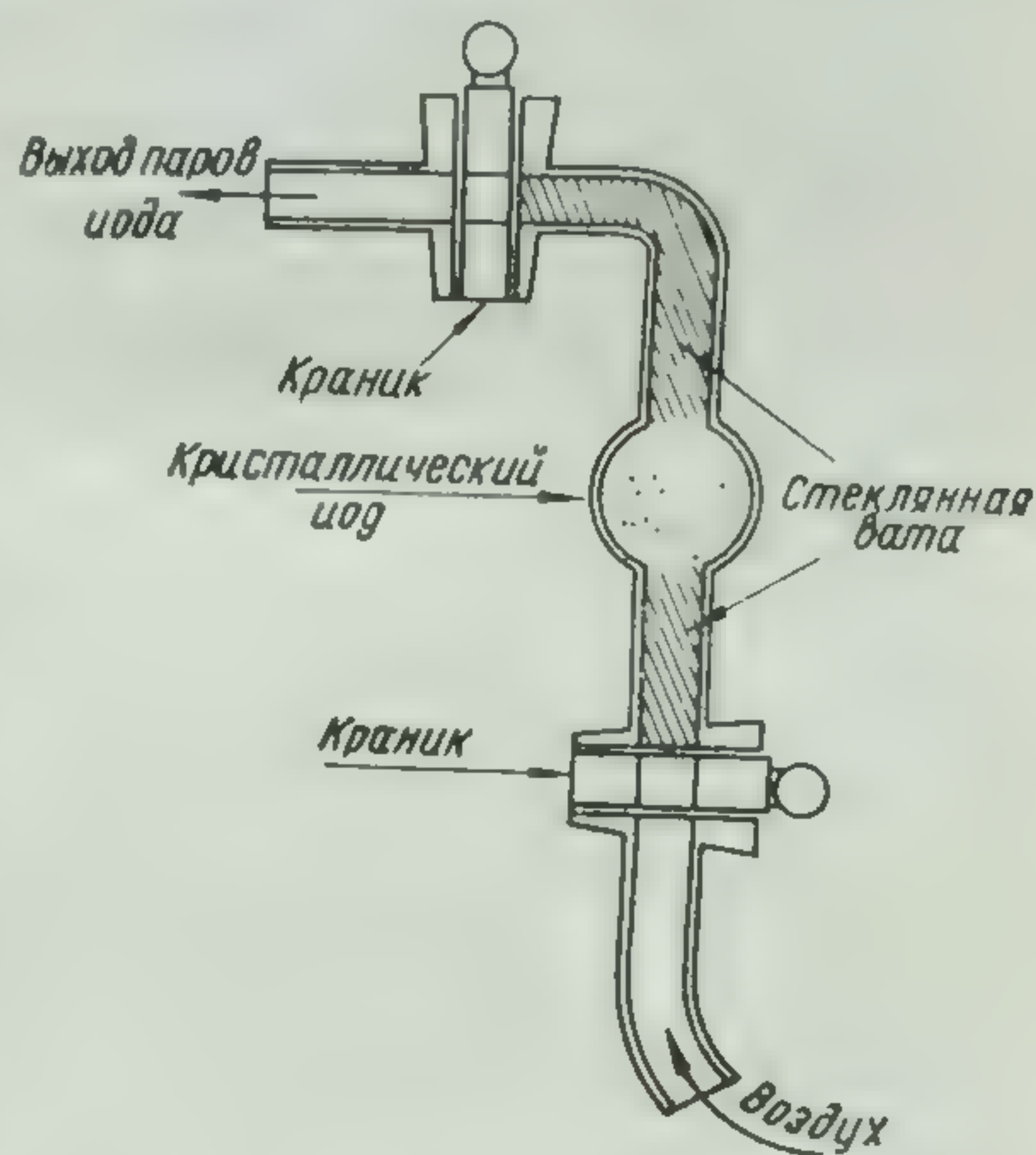


Рис. I—1. Прибор для окуривания

вакуумэксикаторах, крышка которых снабжается отверстием со стеклянным краном. Через этот кран водоструйным или иным насосом откачивается воздух, чем достигается разрежение.

Увлажнение различных предметов может быть произведено следующими способами:

1. Опрыскиванием из пульверизатора. Для равномерного увлажнения необходимо следить за тем, чтобы из пульверизатора на предмет не падали крупные капли воды.

2. Непосредственным размачиванием в воде. (Если необходимо, чтобы предмет в дальнейшем не потерял влагу, к воде и в первом, и во втором случае прибавляется небольшое количество глицерина.)

3. Для увлажнения предметов, например, при исследовании документов можно применять наложение листов фильтровальной бумаги, смоченных водою и затем отжатых от избытка влаги между листами фильтровальной же бумаги. В этом случае лист фильтровальной бумаги, прижимаемый к документу, рекомендуется покрывать листком парафинированной бумаги во избежание быстрого высыхания.

4. Увлажнение легко повреждаемых предметов может быть произведено в эксикаторах, в которые на дно наливается вода, а предмет помещается на фарфоровую дырчатую пластинку.

и) Мелкое лабораторное оборудование. Для различных целей в лаборатории необходимо иметь следующее лабораторное оборудование:

1. Лабораторные штативы с набором колец, муфт, зажимов. Эти штативы необходимы для многих операций — нагрев, зажимание предметов для фотографирования и т. д.

2. Треножки для нагрева.

3. Асбестовые сетки и фарфоровые треугольники.

4. Зажимы для каучуковых трубок.

5. Штативы для пробирок и пипеток.

6. Сверла для пробок и пробкомалки.

Кроме того, в лаборатории для общего пользования, помимо наборов слесарного инструмента, должны быть напильники для резки стекла и опиливания пробок, ножницы и алмаз.

к) Работа со стеклом. Разрезание стекла производится алмазом. Стекло должно быть совершенно

сухим и чистым. Резка стекла производится по линейке. Метка на оправе алмаза должна быть обращена к линейке. При резании нельзя сильно нажимать на алмаз. В начале разреза нельзя задевать алмазом за кромку стекла, а в конце алмаз не должен соскакивать со стекла. Нельзя проводить алмазом по уже сделанной черте. Разрез необходимо производить одним движением, затем стекло положить разрезом на край стола, постучать по линии разреза и разломать стекло, слегка нажимая на его край.

Узкие полоски стекла после проведения царапины алмазом отламывают при помощи ручки или выемки в оправе алмаза, или же, наконец, большими плоскогубцами.

Для резки стекла толщиной более 1 мм применяют стеклорезы. Можно также резать стекло токарными резцами, наплавленными победитом, или обломком напильника.

Отверстия в стекле можно высверлить при помощи дрели, в которую вставлена проволока или трубка из меди. Трубка или проволока периодически смазывается пастой, состоящей из наждачного порошка, канифоли и скипидара.

Резание трубок производят при помощи трехгранного напильника, которым наносят царапину, а затем берут трубку в обе руки так, чтобы большие пальцы упирались в место надпила, и, растягивая трубку, ломают ее быстрым движением. Концы трубок оплавляются на газовой горелке.

Сгибание стеклянных трубок производят на пламени спиртовки или газовой горелки. Для того чтобы стекло прогревалось равномерно, трубку все время вращают в пламени. Трубку сгибают, медленно поднимая оба ее конца вверх. Для того чтобы согнуть трубку точно по заданному радиусу, пользуются шаблоном, нарисованным на бумаге.

§ 2. Слесарные работы

а) Распиливание и отделение частей металла производится при помощи пил для металла и зубила. Для самых тонких работ, в частности, для пропиливания тонких металлических листов, применяются лобзики. Место пропила рекомендуется смазывать маслом.

Резку тонкого листового металла производят при помощи слесарных или кровельных ножниц. Резку тонкого мягкого металла (алюминия, латуни) можно производить обычными ножницами. Проволока или мелкие детали откусываются кусачками или клещами.

Разрубание металла производится зубилом; для этой цели металл зажимается в тиски, зубило держится в левой руке, удары наносятся молотком. Мелкие детали можно обрабатывать зубилом, зажатом в слесарные ручные тиски.

Можно также просверлить в листе металла отверстия на близком расстоянии друг от друга, а затем прорубить остаток металла зубилом или пропилить пилой.

При помощи зубила можно снять слой металла.

б) Снятие небольшого слоя металла производится напильником. Напильники бывают драчевые (самые грубые), личные и бархатные. Перед спиливанием напильник полезно покрыть мелом. Для очистки напильника от приставшего металла применяют металлические щетки. Крупные детали для опиливания зажимают в настольных тисках; мелкие детали удобно зажимать в ручных тисках.

Для того чтобы тисками не повредить поверхность обрабатываемого металла, губки их должны быть изготовлены из более мягкого металла. Можно пользоваться накладными губками, например, для обработки стальных деталей применяют губки из красной меди; для обработки латунных деталей на губки кладут свинцовые прокладки.

в) Правка металла производится на гладкой металлической (стальной) плите. Можно также воспользоваться отрезком рельса или балки. Правка листового металла толщиной более 1 мм производится слесарным молотком. Листы толщиной менее 1 мм правятся киянками — деревянными молотками, очень тонкие листы проглаживаются деревянными или стальными брусками. Фольга правится путем разглаживания пальцами или ватным тампоном. Листы мягкого металла при правке прикрываются картоном.

Правку проволоки производят волочением вокруг толстого металлического прута или между деревянными брусками. Толстую проволоку правят ударами слесарного молотка. Изгибание мелких деталей из металла

производят вручную при помощи плоскогубцев или круглогубцев. Крупные детали изгибаются в тисках. Изгибание листового металла можно производить на длинном стальном уголке, укрепленном на краю верстака.

Медные, латунные и алюминиевые трубки небольшого диаметра гнутся в холодном состоянии без набивки. Трубки большого диаметра перед изгибанием набиваются просушенным песком и в месте прогиба хорошо прогреваются.

г) Для сверления металла применяются сверла, в основном спиральные. Сверление можно производить на сверлильных станках, ручной дрелью или бормашиной с электрическим приводом. Просверливаемый предмет необходимо укладывать на подкладку, в которую должно войти сверло, иначе с оборотной стороны отверстия образуются заусеницы.

Заточка сверл, равно как и иных инструментов, производится на точильных кругах. При заточке сверл важно обеспечить необходимый угол режущей грани, который должен быть различным для разных металлов.

Нарезывание резьбы производится в отверстиях метчиками, а на болтах — плашками и винтоовальными досками.

Металлический стержень, на котором надо нарезать резьбу, закрепляют вертикально в тисках. Верхний конец его опиливают на конус и смазывают маслом. Винтовальную доску надевают на конец стержня и поворачивают с небольшим нажимом. Периодически винтовальную доску поворачивают в обратную сторону.

Плашки применяются для нарезания наружной резьбы на стержнях и бывают круглыми или раздвижными. Цельные плашки закрепляют в гнезде воротка или плашкодержателе винтами, разрезные плашки укрепляют в рамке клуппа.

Метчики служат для нарезания резьбы в отверстиях. Обычно пользуются комплектом из двух или трех метчиков. Первый метчик дает неглубокую резьбу, которую затем углубляют вторым и отделывают третьим метчиком. Для нарезания резьбы сначала в детали просверливают отверстие, диаметр которого должен быть несколько менее диаметра метчика. Деталь затем зажимается в тисках так, чтобы ось отверстия была

расположена вертикально. После смазки отверстия маслом в него вводят метчик. Для измерения резьбы служат резьбомеры.

д) Для скрепления деталей и отдельных частей аппаратуры можно применять следующие способы:

1. Скрепление болтами с гайками. Для того чтобы гайки не отвертывались вследствие сотрясений, их закрепляют контргайками.

2. Скрепление заклепками. Мелкие детали можно скреплять заклепками из красной меди, алюминия и мягкой стали. Склепывание производится узкой частью молотка, причем удары наносятся по краям заклепки.

Для склепывания крупных деталей заклепки необходимо нагреть до желто-красного каления; при этой температуре сталь приобретает пластические свойства (ковкость).

3. Спайки. Паяние производится металлом-припоем, который имеет температуру плавления меньшую, чем соединяемые детали. Например, стальные детали спаивают медью, серебром, свинцом, оловом; бронзовые и латунные детали — оловом и третником. Поверхности металла, соединяемые при помощи паяния, должны быть предварительно тщательно очищены от грязи и окислов металлов. Для очистки следует применять напильник или наждачную бумагу. Паяльник также должен быть чистым. Для очистки паяльника применяется хлористый аммоний (нашатырь). Паяльник должен быть разогрет настолько, чтобы при прикосновении к нашатырю появлялся белый дымок. Для облегчения пайки служат флюсы, которые, растворяя окислы металлов, очищают поверхность и способствуют смачиванию металла припоем.

В качестве флюсов применяются: хлористый цинк, бура, борная кислота, канифоль. Для паяния электропроводки применяется канифоль: она очищает поверхность металла хуже, чем хлористый цинк или бура; поэтому спаиваемые поверхности должны быть хорошо зачищены. Хлористый цинк применяется в виде раствора. После паяния с хлористым цинком, спаянное место должно быть хорошо промыто водой, так как наличие хлористого цинка приводит к быстрой коррозии металла в месте спайки. Перед спаиванием поверхности металла лучше залудить; для этого на очищенные поверх-

ности
припой
соединяе
проводки
вается в
Тонкие
товки. По
скручена.
е) Во
кую метал
пильника
ность мета
ности мета
в которых
камни. В
дится при
ров, котор
Однако
является в
вания пове
лирования
ГОИ предс
того цвета
лировальни
смачивают
ность. Сор
ровностей
нения данн
После п
рается сук
дать больш
лировальни
вызвать гл
ности.
§ 3
В техник
шее значени
строения пов
Для полу
свойствами в

ности наносится припой, места спая прогреваются и припой растирается кусочком асбеста. Полезно бывает соединяемые спайкой предметы скрепить при помощи проволоки. Припой вследствие капиллярности всасывается в промежуток между спаиваемыми предметами.

Тонкие проволоки можно спаивать на пламени спиртовки. Перед спаиванием проволока должна быть скручена.

е) Во многих случаях необходимо получить гладкую металлическую поверхность. После обработки напильниками или резцами на токарном станке поверхность металла имеет неровности. Шлифование поверхности металла производится на специальных станках, в которых применяются абразивы — шлифовальные камни. В лабораторных условиях шлифование производится при помощи наждачной бумаги различных номеров, которые отличаются по величине зерна.

Однако и после шлифования поверхность металла не является вполне гладкой. Для окончательного сглаживания поверхность подвергается полированию. Для полирования применяют крокус или пасту ГОИ. Паста ГОИ представляет собою твердое вещество зеленоватого цвета; несколько крупинок пасты наносят на полировальный (кусочек стекла, пластмассы или кожи), смачивают каплей керосина и затем полируют поверхность. Сорта пасты ГОИ различаются по величине неровностей в микронах, которые остаются после применения данного сорта пасты.

После полирования пастой ГОИ поверхность протирается суконкой. При полировании необходимо соблюдать большую аккуратность, так как попадание на полировальный твердых частиц, песчинок и т. п. может вызвать глубокие царапины на полируемой поверхности.

§ 3. Формование и получение слепков

В технике криминалистического исследования большое значение имеет получение слепков или отпечатков строения поверхности какого-либо предмета.

Для получения слепков пользуются различными свойствами веществ:

1) Некоторые вещества обладают пластическими свойствами, например, пластилин.

2) Некоторые вещества, соединяясь с водой, обладают способностью схватываться, образуя новые кристаллические соединения, например гипс.

3) Многие вещества плавятся и затем при охлаждении затвердевают, например металлы, сера.

4) Для получения отпечатков применяются гальванопластические способы — отложение металлов из растворов их солей при действии электрического тока.

Для получения отпечатков тонкой структуры поверхности каких-либо предметов пользуются так называемыми репликами в криминалистике, например, при изучении строения поверхности волос или следов на пулях.

Наиболее часто для получения реплик применяются пластические свойства нагретого целлулоида или набухшего желатинового слоя, а также образование слоя на поверхности путем нанесения окрашенного лака с легко испаряющимися растворителями (подробно см. главу XV).

Все эти способы имеют свои положительные и отрицательные стороны.

Гипс ценен тем, что при схватывании он увеличивается в объеме, обеспечивая таким образом полную передачу структуры, однако он неприменим для отображения микроскопических неровностей. В криминалистической практике он чаще всего применяется для производства слепков.

Гипс должен храниться в сухом месте, так как он при действии влаги теряет способность схватываться.

Техника производства гипсовых слепков заключается в следующем: гипс, предварительно просеянный через густое сито, быстро смешивается с необходимым количеством воды и затем выливается в след. Для укрепления слепка, при значительной его величине и небольшой толщине, в след предварительно помещают проволоку или деревянные палочки. Схватывание гипса продолжается около 1 часа, после чего слепок может быть отделен от поверхности.

При изготовлении гипсовых слепков следует учитывать возможность фильтрации воды в предмет, с которого производится слепок (например почва), и в зави-

симости от этого изменять соотношение воды и гипса в растворе.

В некоторых случаях, например, когда след непрочен, применяют изготовление слепка путем припудривания поверхности предмета порошкообразным гипсом и затем увлажнения слоя гипса путем разбрызгивания воды пульверизатором, повторяя этот процесс несколько раз до образования прочной корки.

Для того чтобы избежать прилипания гипса к поверхности предмета (дерево), она может быть пропитана или покрыта тонким слоем минерального масла или керосина. В тех случаях, когда поверхность, с которой производится отливка или слепок, легко разрушается или изменяется от действия воды, она укрепляется при помощи шеллачного лака или силикатного клея, разведенного водой в отношении 1 : 1, разбрызгиваемых при помощи пульверизатора. Для предотвращения смачивания непрочного следа он может быть перед отливкой пропитан керосином.

Гипс смешивается с водой в следующих пропорциях:

Для получения жидкого раствора на 1 часть гипса — 1,5 части воды; для получения раствора консистенции сметаны — на 1 часть гипса — 0,8—1 часть чистой воды; для получения густого — на 1 часть гипса — 0,5 части воды.

Для изготовления слепков необходимо брать высший сорт гипса — медицинский.

Полученные слепки после их охватывания необходимо просушивать достаточно быстро, можно в теплом месте, но при температурах не выше 60°.

Для получения металлических отливок применяются предпочтительно легкоплавкие металлы. Для этой цели весьма пригодны сплавы для зуботехнических целей.

Отпечатки следов микроскопического размера, например, канала ствола на пуле, мельчайших следов инструментов и т. п. можно производить на восковой композиции — сплавах воска и парафина, в которые иногда добавляется окись цинка.

Техника производства слепков при помощи этих материалов заключается в приведении в контакт поверхности со следом и пластического материала при некотором давлении; для этой цели пластический материал

может быть расплавлен, вылит равномерным слоем на ровную поверхность, например, стеклянную пластинку и затем, после его застывания, по нему прокатывается или к нему прижимается предмет со следом.

§ 4. Клеи, замазки и цементы

Соединение предметов может быть достигнуто при помощи клеев, замазок и цементов.

1. Склейка бумажных предметов может производиться клеями — БФ-2, силикатным, столярным, декстриновым или казеиновым.

Бумага, склеенная силикатным клеем, не может быть расклеена; кроме того, бумага желтеет и теряет свою прочность от действия щелочи, находящейся в силикатном клее. Силикатный клей приводит также к постепенному выцветанию чернил, изготовленных из синтетических органических красителей.

Клей БФ-2, не подвергавшийся прогреванию, растворяется в спирте; клей столярный и декстриновый при увлажнении набухают и предметы, склеенные этими клеями, могут быть разъединены при действии горячего водяного пара.

Достаточно универсальным является клей БФ-2 и клей типа синдетикон (желатина, нагретая с уксусной кислотой); они склеивают самые разнообразные поверхности; клей БФ-2, будучи прогрет при температуре 100° — 120° в течение 1—2 часов, не подвергается действию влаги.

Для склеивания целлулоида применяется киноклей.

Для склейки резины применяется резиновый клей; при склеивании резины основное значение имеет чистота склеиваемых поверхностей, они очищаются при помощи грубой стеклянной бумаги или напильника. Клей наносится на склеиваемые поверхности 2—3 раза, подсушивается, затем они приводятся в контакт и сжимаются. Слой клея может быть вулканизирован раствором полухлористой серы в сероуглероде (огнеопасно!).

Для склейки оптических деталей (например, светофильтров, линз и т. п.) пригоден спиртовой раствор шеллака.

2. Замазки применяются для уплотнения различных мест и соединений аппаратуры.

Замазки, выдерживающие высокие температуры. 1) Каолин, смешанный с 10% буры и небольшим количеством воды, дает замазку, выдерживающую 1200° — 1400° . После нанесения на предмет ее необходимо прокалить при температуре — 800° — 900° .

2) Для более низких температур пригодны замазки на силикатном клее (жидком стекле). Силикатный клей смешивается с каолином, асбестом, тальком или мелом. Затвердевание происходит в течение 5—10 час.

3) Температуру до 250° выдерживает замазка из смеси свинцового глета с глицерином. Свинцовый глет прогревают предварительно до 300° . На 25 см^3 глицерина берут 100 г глета. Замазка затвердевает через 30 мин.

Легкоплавкие замазки. Сплав воска и канифоли хорошо прилипает к любой поверхности, склеенные поверхности легко могут быть разъединены, так как температура плавления этой замазки 50° . Менделеевская замазка представляет собою сплав воска и канифоли с добавкой мумии (Fe_2O_3) до 25%, которая увеличивает ее прочность.

В качестве замазки можно применять и обыкновенный сургуч, желательно с прибавлением небольшого количества (до 5%) воска.

§ 5. Источники электроэнергии

а) В лабораторной практике используются различные источники тока для питания осветительных приборов, нагрева, электролиза и пр. Для этих целей применяется как постоянный, так и переменный ток различного напряжения.

Питание обычных осветительных приборов происходит переменным током городской осветительной сети напряжением 127 или 220 вольт.

Напряжение городской осветительной сети подается на щит во вводах, которые обычно заключаются, в пределах помещения, в трубах Бергмана или в железных трубах. На щите помещаются рубильники или выключатели для выключения тока и счетчик. На распределительных щитах ставятся рубильники соответственно числу групп потребителей. Кроме того, на щите помещаются предохранители, назначением которых является

ограничение силы тока для предотвращения аварий при подключении приборов с недостаточным сопротивлением или в случае коротких замыканий.

На распределительных щитах должно быть обеспечено освещение, кроме того, на каждом рубильнике, должны быть номер или надпись, обозначающая группу потребителей. Это необходимо для быстрой ликвидации аварий.

Щит должен быть помещен в ящик с застекленной дверцей, запирающейся на ключ; ключ от щита должен находиться у определенного лица, которое отвечает за электрохозяйство в лаборатории.

На распределительном щите обычно предусматриваются следующие линии:

Осветительная проводка, которая может быть разделена на группы в зависимости от размера помещения. В осветительную линию включаются все осветительные приборы общего назначения в конторских, подсобных, лабораторных и бытовых помещениях. Розетки на стенах, которые могут быть использованы для подключения приборов, следует присоединять к силовой линии с тем, чтобы в конце рабочего дня рубильник силовой проводки выключался, и тем самым устранялась возможность оставления включенных приборов.

Для подачи в лабораторные помещения напряжения, предназначенного для включения приборов, служит силовая линия. В том случае, если лабораторных помещений много, проводка присоединяется к нескольким рубильникам для каждой группы лабораторий.

В каждой лаборатории желательна установка отдельного щита для силовой проводки.

В лабораториях должна быть предусмотрена линия трехфазного тока.

Для внутренней проводки применяются только изолированные провода. Осветительные линии в основном прокладываются в виде скрытой проводки в стенах.

Для разветвления проводки применяются распределительные коробки; для присоединения приборов — штепсельные соединения (розетка, в которую вставляется вилка); настенные и потолочные осветительные приборы присоединяются к сети непосредственно и включаются выключателем.

Эксплуатация в условиях, в которых действие сил при возникновении повреждений происходит.

При монтаже проводки на нагрузку; соединения проводки производятся с помощью контактных соединений проводков в зажимах.

В ответствии с силой тока и напряжением к контактам присоединяется канифолью. При монтаже фарфоровых изоляторов и аппаратов для изоляции; для чистки клемм и проводов.

Для обеспечения тех частей под напряжением, пульсации при помощи турбулентности.

Для обнаружения напряжения нейтральной, которая лампу в патроне вольтметром. Э

б) Для питания приборов низкого напряжения понижается

Электропроводка во влажных помещениях и помещениях, в которых выделяются горючие газы и находится большое количество пыли, должна быть изолирована от действия сырости и быть герметичной, для того, чтобы при возникновении искр при размыкании тока, а также при повреждении стеклянных осветительных приборов не произошло воспламенение горючих газов или пыли.

При монтаже электропроводки и электроприборов сечение провода должно быть выбрано соответствующее нагрузке; соединения проводов между собою и присоединения проводов к клеммам и приборам должны быть произведены таким образом, чтобы был обеспечен прочный контакт соединяемых мест. Достигается это скручиванием проводов и прочным зажиманием концов проводов в зажимах и клеммах приборов и аппаратуры.

В ответственных случаях — малое напряжение, большая сила тока, необходимость поддержания постоянного напряжения и пр. — производится припайка проводов к контактам и клеммам, а также спайка проводов между собою. При спайке проводов в качестве флюса применяется канифоль. Провода крепятся на стенах при помощи фарфоровых изоляторов.

При монтаже необходимо обеспечить изоляцию проводов и аппаратуры, находящихся под напряжением. Для изолирования проводов применяется изоляционная лента; для частей аппаратуры (контактов, рубильников, клемм и пр.) применяются крышки из непроводящих материалов.

Для обеспечения безопасности применяется заземление тех частей аппаратуры, которые могут оказаться под напряжением — корпуса моторов, кожухи аппаратуры, пульта управления и пр. Заземление производится при помощи провода, надежно скрепленного с аппаратурой.

Для обнаружения мест разрыва цепи или наличия напряжения необходимо пользоваться контрольной лампой, которая представляет собой обычную электролампу в патроне с двумя проводниками, пробником или вольтметром. Электролампа или вольтметр должны быть рассчитаны на напряжение сети.

б) Для питания многих осветительных лабораторных приборов низким напряжением — 6—12 вольт — применяются понижающие трансформаторы с регулировоч-

ными реостатами или без них. Весьма удобными для лабораторной практики являются лабораторные автотрансформаторы — ЛАТР, которые позволяют снимать любое необходимое напряжение в пределах 6—250 вольт. Обмотка трансформатора, присоединенная к источнику переменного тока, называется первичной, остальные обмотки — вторичными. Ко вторичным обмоткам присоединяется нагрузка.

Напряжение, индуцируемое во вторичной обмотке, зависит от соотношения числа витков W в первичной и вторичной обмотках, называемого коэффициентом трансформации.

В повышающих трансформаторах число витков во вторичной обмотке большее, чем в первичной, у понижающих — наоборот.

Автотрансформатор обычно имеет одну обмотку с отводами; присоединяя нагрузки к тому или другому количеству витков, можно подавать в нее большее или меньшее напряжение.

Автотрансформаторы применяются в тех случаях, когда необходимо получать различное напряжение.

В лабораторной практике для изменения силы тока или напряжения используются сопротивления: постоянные и переменные.

Переменное сопротивление (реостат) представляет собой изолятор, на котором находится металлическая проволока с относительно большим сопротивлением; при помощи движка может быть включена та или иная часть сопротивления. Не следует перегружать сопротивления выше указанной на них силы тока.

Сопротивления, в том числе осветительные, нагревательные и иные приборы, могут включаться последовательно и параллельно. В первом случае общее сопротивление группы приборов равно сумме сопротивлений, а во втором общее сопротивление $R_{\text{общ}}$ равно:

$$\frac{1}{R_{\text{общ}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

В лабораториях в цепях переменного тока применяются так называемые реактивные или индуктивные сопротивления, например, дроссели для газосветных и дуговых источников света. Применение активных сопроти-

влений (реостатов) в данном случае является невыгодным, так как значительная мощность тока затрачивается на тепловые потери.

Проводник может проводить, не перегреваясь, ток, не превышающий определенного предела. Сечение проводов выбирается в соответствии с существующими нормами для нагрузки.

Для того чтобы избежать перегрева проводников, применяют так называемые плавкие предохранители.

На предохранителе обычно указывается значение максимальной силы тока, на которую он рассчитан.

в) В лабораториях применяются следующие источники постоянного тока низкого напряжения:

Сухие гальванические элементы с воздушно-марганцевой деполяризацией. Перед употреблением отверстия в верхней части элемента освобождаются от заклеивающей их бумаги.

Емкость элемента указывается в амперчасах. Элемент обладает нормальной емкостью тогда, когда срок хранения его не прошел. Кроме отдельных элементов, применяют батареи, состоящие из нескольких элементов, в этом случае батареи дают 6, 12, 60 и 80 вольт. Электродвижущая сила элемента с марганцевой деполяризацией равна приблизительно 1,45—1,50 вольт.

Источник тока — элемент обладает внутренним сопротивлением. При разомкнутой внешней цепи напряжение на зажимах элемента равно его ЭДС.

Когда к источнику тока подключена нагрузка, напряжение на его зажимах меньше ЭДС источника на величину падения напряжения внутри него.

Чем больше ток нагрузки, тем больше падение напряжения внутри источника тока и тем меньшим становится напряжение на его зажимах.

Аккумуляторы менее удобны, чем сухие элементы. Они требуют постоянного ухода и наблюдения, необходим выпрямитель тока для их зарядки; однако ими приходится пользоваться в тех случаях, когда необходима большая сила тока.

Элементы и батареи можно соединять различным способом — последовательно и параллельно. В первом случае плюс одного элемента соединяется с минусом другого, ЭДС батареи равно сумме ЭДС элементов, а общее внутреннее сопротивление равно сумме сопротивлений

всех элементов. Емкость и максимально допустимый ток такие же, как и у одного элемента.

При параллельном соединении, когда одноименные полюсы батареи соединяются друг с другом, ЭДС батареи равно ЭДС одного элемента, а внутреннее сопротивление батареи равно внутреннему сопротивлению одного элемента, деленному на число элементов, включенных в нее.

Емкость батареи в этом случае и разрядный ток равны суммам емкостей и разрядных токов одного элемента.

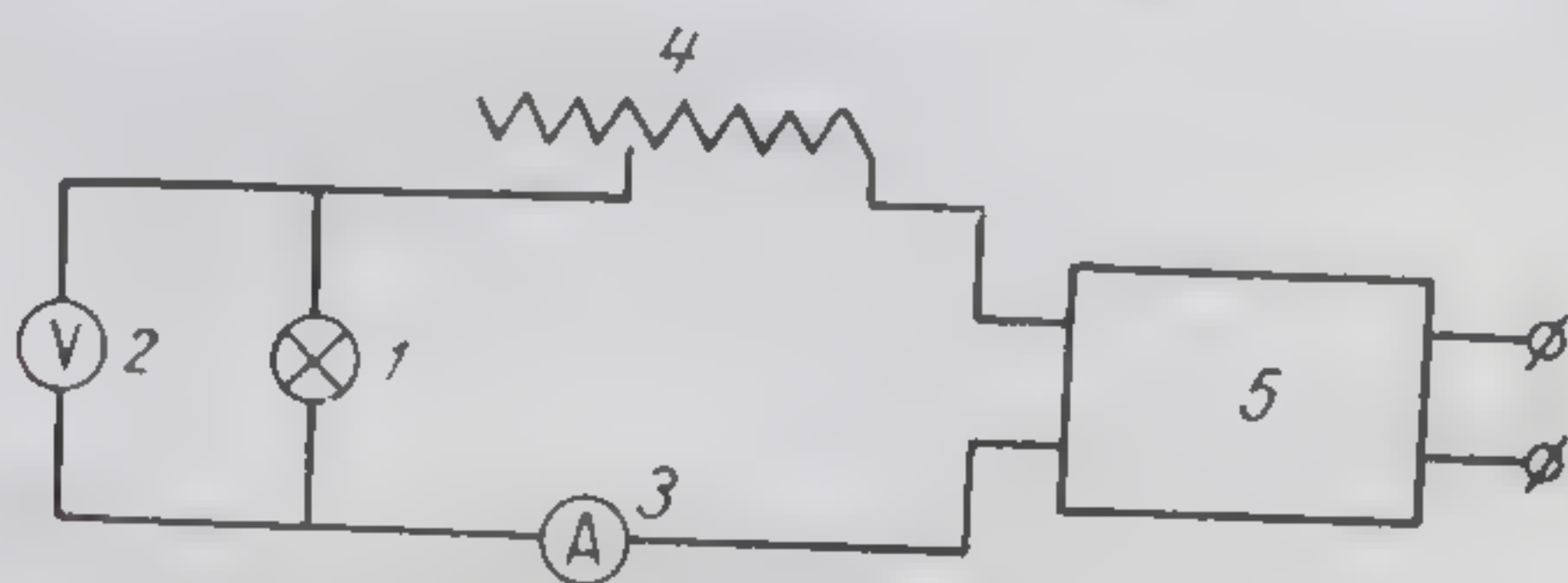


Рис. 1—2. Схема включения осветительного прибора

г) При использовании осветительных приборов в лаборатории имеет большое значение поддержание постоянного режима питания, обеспечивающего стабильный режим их горения.

Поддержание постоянного напряжения в сети может быть достигнуто различными способами: при переменном токе могут быть применены автотрансформаторы с плавной регулировкой напряжения. Однако эти приборы требуют постоянного наблюдения и для некоторых целей непригодны. Стабилизаторы напряжения более удобны, так как они автоматически обеспечивают стабильное напряжение, с последующим подключением трансформатора или без него в зависимости от характеристики подключаемого прибора.

Для получения стабильного низкого напряжения применяются или аккумуляторы, или сухие батареи.

В случае необходимости стабильного режима питания к клеммам источника света подключают вольтметр для контроля напряжения. Для точных работ, помимо напряжения, контролируется также и сила тока путем включения амперметра; в необходимых случаях для регулирования режима горения в цепь включается реостат. Схема включения осветительного прибора изображена

на рис. 1—2, где 1 — лампа, 2 — вольтметр, 3 — амперметр, 4 — реостат, 5 — стабилизатор напряжения.

Таким образом, в каждой криминалистической лаборатории желательны следующие источники тока:

Городская сеть с напряжением 127 или 220 вольт.

Трансформаторы или автотрансформаторы для понижения напряжения.

Стабилизаторы напряжения.

Аккумуляторы или сухие батареи.

Для питания моторов в лабораториях должен быть также предусмотрен ввод трехфазного тока.

Выпрямленный ток может быть получен и в специальных приборах-выпрямителях: газотронных, селеновых и с германиевыми диодами.

§ 6. Электроизмерительные приборы

Общие сведения

Чаще всего применяют электроизмерительные приборы, позволяющие при помощи стрелки — указателя и шкалы с делениями непосредственно отсчитывать значения измеряемых величин — напряжения, силы тока, сопротивления.

Чтобы правильно прочитать показание стрелки прибора, необходимо, чтобы взгляд наблюдателя был перпендикулярен шкале прибора и падал непосредственно на конец стрелки. Глаз наблюдателя в этом случае должен находиться в таком положении, чтобы стрелка прибора закрывала свое изображение в зеркале в шкале прибора.

Электроизмерительные приборы делятся на приборы для измерения напряжения (вольтметры), приборы для измерения силы тока (амперметры), приборы для измерения сопротивления (омметры) и др. Применяются также комбинированные или универсальные приборы, позволяющие измерять несколько величин (ампер-вольт-омметры или авометры).

Приборы могут быть постоянного, переменного и постоянно-переменного тока.

По точности приборы делятся на 7 классов: 0,1; 0,2; 0,5; 1,0; 1,5; 2,5; 4,0. Класс точности прибора указывает

наибольшую допустимую погрешность в процентах от верхнего предела показаний шкалы. Так, например, для вольтметра для измерения напряжения до 300 вольт с классом точности 1,5 допустимая погрешность прибора составляет 1,5% от 300 вольт или 4,5 вольта. Относительная ошибка измерения будет тем больше, чем меньше отклонение стрелки. При отклонении стрелки на 150 вольт относительная погрешность будет составлять 3%, а при отклонении стрелки на 60 вольт — 7,5%. Поэтому целесообразнее применять такой прибор, у которого измеряемый ток (или напряжение) вызывает большие отклонения стрелки.

В большинстве случаев технических измерений применяются приборы класса 1 и 1,5. Приборы класса 0,2 и 0,5 применяются для точных лабораторных измерений.

От точности прибора следует отличать его чувствительность, определяемую тем значением тока или напряжения, которое вызывает отклонение стрелки на одно деление шкалы.

Пределом измерения того или иного прибора называется значение измеряемой величины, при котором стрелка прибора отклонится до конца шкалы. При выборе прибора для производства измерений следует брать такой, у которого предел измерения заведомо выше измеряемого значения.

Наиболее чувствительными и точными являются приборы магнитоэлектрической системы. Эти приборы обладают равномерной, удобной для отсчетов шкалой, но без специальных выпрямителей и пригодны для измерения только постоянного тока. Приборы электромагнитной системы пригодны для измерения переменного и постоянного тока, но обладают неравномерной шкалой. Вследствие этого наименьшее значение измеряемой величины составляет у них 20% от предела измерений, т. е. прибором, предел измерения которого 250 вольт, нельзя измерять напряжения менее 50 вольт.

Вид тока, класс точности, система прибора и положение его во время производства измерений обозначаются условными знаками на шкале электроизмерительного прибора (см. рис. 1—3).

Измерение сопротивлений. Сопротивление может быть вычислено по формуле закона Ома

$R_x = \frac{U}{I}$, где R_x — сопротивление, U — напряжение, I — сила тока, P — мощность (или напряжение, P — мощность, I — сила тока, R_x — сопротивление).

Условное обозначение	
	Система измерения постоянного тока
	Система измерения переменного тока
	Система измерения постоянного тока
	Система измерения переменного тока
	Система измерения постоянного тока
	Система измерения переменного тока

Рис. 1—3.

Более у при помощи средств сопротивления. Для измерения использовать приборы АБ

$R_x = \frac{U}{I}$, где R_x — искомая величина сопротивления в омах, U — напряжение на измеряемом сопротивлении, I — сила тока, проходящего через измеряемое сопротивление.

Напряжение и сила тока могут быть измерены при помощи вольтметра и амперметра (или миллиамперметра).










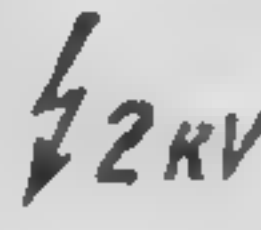

Условное обозначение	Техническая характеристика	Условное обозначение	Техническая характеристика
	Система магнито-электрическая		Система электро-статическая
	Система электро-магнитная		Класс точности прибора 2,5
	Система электро-динамическая		Прибор постоянного тока
	Система термо-электрическая		Прибор переменного тока
	Система детекторная		Прибор постоянного и переменного тока
	Система ламповая		Частота 50 гц
			Изоляция прибора испытана напряжением 2 кВ
			Вертикальная установка прибора
			Горизонтальная установка прибора

Рис. 1—3. Условные обозначения на электроизмерительных приборах

Более удобным является измерение сопротивлений при помощи специальных приборов — омметров, непосредственно показывающих величину измеряемого сопротивления.

Для измерения сопротивлений до 1—3 мегом могут быть использованы комбинированные многопредельные приборы АВО-5М и «Тестер-ТТ-1».

При измерении сопротивления материалов штрихов и бумаги можно применять мегомметры типа М-1101 и МОМ-3.

Мегомметр (прибор для измерения больших сопротивлений) типа М-1101 состоит из двух частей — магнитоэлектрического генератора и измерительного устройства магнитоэлектрической системы. Прибор имеет две шкалы от 500 ом до 1 мегома и от 50 000 ом до 100 мегом.

Ламповый мегомметр типа МОМ-3 предназначен для измерения электрического сопротивления в пределах от 100 ом до 100 000 мегом (10^{11} Ω). Погрешность измерения составляет 1,5—2,5%.

Комбинированные (многопредельные) приборы состоят из чувствительного микро- или миллиамперметра постоянного тока, купроксного выпрямителя и набора переключаемых шунтов и добавочных сопротивлений, позволяющих значительно расширить пределы измерений. Для измерения сопротивления эти приборы должны быть снабжены источником тока в виде одного или нескольких сухих элементов. Один подобный прибор может заменить целую серию измерительных приборов. Наиболее удобными являются ампервольтметр АВО-5М и «Тестер ТТ-1».

АВО-5М позволяет измерять:

- а) напряжения постоянного и переменного тока в пределах 0—6000 вольт;
- б) величину постоянного и переменного токов в пределах 0—12 а;
- в) сопротивления в пределах 0—30 мегом.

При помощи «Тестер ТТ-1» могут измеряться: напряжения в цепях постоянного и переменного тока в диапазоне 0—1000 в, величина тока только в цепях постоянного тока в диапазоне 0—500 ма и сопротивление в диапазоне 0—2 мегома. При работе с этими приборами важно правильно определить цену одного деления в том или ином поддиапазоне.

Измерение слабых токов. Для измерения очень слабых токов при фотоспектрометрических измерениях (менее 10^{-6} А) применяют либо зеркальные гальванометры, либо специальные схемы, позволяющие усилить измеряемый ток в несколько тысяч раз, после чего он может быть измерен при помощи стрелочного прибора.

Зеркальные
тонкой проволо
нити между г
нити закрепле
нии через ра
определенный
та от осветите
него, попадает
шкалу, устано
метра. Достат
чтобы луч зам
Чувствительно
лика и доходи

Зеркальные
к сотрясениям
кронштейнах,
вильной устан

Гальваном
ки — одна для
шкалы, а вто
щему подвиж
новки гальван
бождается под
метра необход

К помощи
чаях, когда из
гут быть изм
метра. Эти сх

Правила
тельными
ных показаний
ния необходим

1. Выбрати
с видом тока и

2. Измеряе
меньше, чем п

3. Перед в
всю схему.

4. Перед н
сутствии тока у

5. Проверит
кой винт корре

тальное, вертик

Зеркальный гальванометр имеет рамку, обмотанную тонкой проволокой и подвешенную на тонкой упругой нити между полюсами постоянного магнита. На этой же нити закреплено небольшое зеркальце. При прохождении через рамку тока она поворачивается на некоторый определенный угол, увлекая за собой зеркальце. Луч света от осветителя падает на зеркало и, отразившись от него, попадает в виде светлой полоски («зайчика») на шкалу, установленную на расстоянии 1 м от гальванометра. Достаточно незначительного поворота зеркальца, чтобы луч заметным образом передвинулся по шкале. Чувствительность зеркальных гальванометров очень велика и доходит до 10^{-10} А.

Зеркальный гальванометр чрезвычайно чувствителен к сотрясениям, поэтому его следует устанавливать на кронштейнах, укрепленных в капитальной стене. Для правильной установки прибор обычно снабжается уровнем.

Гальванометр имеет обычно две вращающиеся головки — одна для установки «зайчика» на нулевом делении шкалы, а вторая принадлежит арретире, закрепляющему подвижную систему гальванометра. После установки гальванометра поворотом головки арретира освобождается подвижная система. При переноске гальванометра необходимо предварительно его заарретировать.

К помощи усилительных схем прибегают в тех случаях, когда измеряемые токи настолько малы, что не могут быть измерены с помощью зеркального гальванометра. Эти схемы описаны в литературе.

Правила обращения с электроизмерительными приборами. Для получения правильных показаний и предохранения приборов от повреждения необходимо придерживаться следующих правил:

1. Выбирать тип и систему прибора в соответствии с видом тока и родом измеряемой величины.

2. Измеряемый ток или напряжение должны быть меньше, чем предел измерений прибора.

3. Перед включением прибора необходимо проверить всю схему.

4. Перед началом работы стрелку прибора при отсутствии тока устанавливают на «0», поворачивая отверткой винт корректора.

5. Проверить, в правильном ли положении (горизонтальное, вертикальное и др.) находится прибор.

6. При работе с приборами постоянного тока правильно подключать к прибору полюса (+ и —) источника тока.

7. Не оставлять без необходимости прибор на долгое время под током.

8. Не хранить приборы в сырых и неотапливаемых помещениях и оберегать их от сотрясений.

9. В случае неисправной работы схемы в первую очередь проверять правильность соединений и качество контактов.

10. Каждый электроизмерительный прибор нуждается в периодической проверке. Такая проверка должна производиться один раз в 2 года в лабораториях Государственного комитета по мерам и весам.

ЛИТЕРАТУРА

Л. И. Воскресенский, Основы техники лабораторных работ, М., 1956.

К. В. Чматов, Техника физико-химического исследования, М., 1937.

Д. Стронг, Практика современной физической лаборатории, М.—Л., 1948.

Г. П. Шкурин, Справочник по электроизмерительным и радиоизмерительным приборам, М., 1955.

Р. М. Бонч-Бруевич, Применение электронных ламп в экспериментальной физике, М., 1957.

Под редакцией Г. Г. Ландсберга, «Элементарный учебник физики», ч. 2, М., 1949.

Г. А. Сницеров, Простейшие измерения, «Массовая радиобиблиотека», М., 1950.

М. Савостьянов, Пособие для радиомастера, М., 1956.

а) И
следоват
то прих
ный вес
Зада
чины с
Измерит
ственно,
чин, с ко
соотнош
жет служ
ки; прим
ла, кото
осколка
лением у
Для
меритель
Несов
мы польз
редь — гл
жет быть
точности.
знать, с к
б) То
о точнос

Глава II

ТЕХНИКА ИЗМЕРЕНИЙ

§ 1. Общие сведения

а) Измерения в криминалистике. При исследовании вещественных доказательств наиболее часто приходится измерять линейные размеры, вес и удельный вес.

Задачей измерения является сравнение данной величины с некоторым ее значением, принятым за единицу. Измерить какую-либо величину можно либо непосредственно, либо путем измерения вспомогательных величин, с которыми искомая величина связана тем или иным соотношением. Примером первого вида измерений может служить измерение длины следа при помощи линейки; примером второго — измерение удельного веса стекла, которое производится путем взвешивания данного осколка стекла в воздухе и в воде с последующим вычислением удельного веса.

Для производства измерений служат специальные измерительные приборы.

Несовершенство измерительных приборов, которыми мы пользуемся, и наших органов чувств (в первую очередь — глаз) приводит к тому, что любое измерение может быть произведено только с определенной степенью точности. Для оценки качества измерения необходимо знать, с какой степенью точности оно произведено.

б) Точность и ошибки измерений. Говоря о точности измерений, следует различать: точность

измерительного прибора, точность отсчета и точность измерения.

Точность прибора определяется путем указания наибольшей возможной погрешности (т. е. отклонения полученного результата измерений от действительного значения измеряемой величины). Так, например, если точность штангенциркуля равна 0,1 мм, а точность рычажного микрометра 0,002 мм, то наибольшая возможная погрешность в первом случае равна 0,1 мм, а во втором — 0,002 мм. Точность отсчета характеризуется той ошибкой, которую делают при отсчете показания по шкале прибора. Она зависит от опытности наблюдателя и выражается в долях деления шкалы. Опытный наблюдатель может производить отсчеты с точностью до десятых долей деления.

Точность измерения зависит от точности примененного прибора, точности отсчета и случайных ошибок. Характеризуется она той наименьшей частью единицы меры, до которой можно проводить измерения с уверенностью в правильном результате.

Приступая к измерениям, необходимо прежде всего установить, какая точность требуется в том или ином конкретном случае, а также какая точность может быть достигнута с данными измерительными приборами.

Для повышения точности следует каждое измерение проводить не один, а несколько раз при одинаковых условиях опыта. Это объясняется следующим.

Все ошибки (погрешности), которые имеют место при измерениях, могут быть разделены на систематические и случайные.

Систематическими ошибками называются такие, которые повторяются при каждом измерении. Причинами их являются — неисправность измерительных приборов, неправильность примененной методики, несоблюдение правил производства измерений и др.

Случайные ошибки вызываются неточностью отсчетов, вызванной несовершенством наших органов чувств и рядом других причин случайного порядка, которые невозможно учесть при производстве измерений.

Случайные ошибки неизбежны при любых измерениях и проявляются в том, что при повторных измерениях какой-либо величины полученные значения будут несколько разниться друг от друга.

Если при повторных измерениях будут получаться одинаковые числовые значения, то это указывает не на отсутствие случайных погрешностей, а на неполное использование чувствительности метода или на недостаточную его чувствительность. Как вполне совпадающие, так и слишком расходящиеся результаты одинаково говорят о малой точности измерений.

Непременным условием хорошо проведенного измерения должно быть получение нескольких, отличающихся друг от друга результатов при самом тщательном выполнении наблюдений.

Случайные ошибки подчиняются законам вероятности. Если при каком-либо измерении результат будет больше истинного, то при одном из последующих измерений столь же вероятно получение результата меньше истинного. Очевидно, производство большого количества измерений уменьшит влияние случайных ошибок, а средне-арифметическое из большого числа результатов измерений ближе всего подойдет к точному значению измеряемой величины.

в) Абсолютная и относительная ошибки измерений. При производстве измерений точное значение измеряемой величины остается неизвестным, и мы принимаем среднее значение за наилучшее приближение к точному.

Теория вероятностей позволяет по отклонениям отдельных измерений от среднего определить вероятное значение допущенной при этом ошибки.

Пусть $N_1, N_2, N_3 \dots N_k$ будут результаты отдельных измерений, общее число которых равно K . Тогда

$$N = \frac{N_1 + N_2 + N_3 + \dots + N_k}{K}$$

будет средним значением измеряемой величины, наиболее близким к ее точному значению.

Отклонения каждого отдельного измерения от этого среднего значения

$$\Delta N_1 = N_1 - N$$

$$\Delta N_2 = N_2 - N$$

$$\dots \dots \dots$$

$$\Delta N_k = N_k - N$$

носят название абсолютных ошибок отдельных измерений.

Зная абсолютные ошибки отдельных измерений, мы можем вычислить среднюю абсолютную ошибку результата

$$\Delta N = \frac{\Delta N_1 + \Delta N_2 + \dots + \Delta N_k}{K}$$

Примечание. При определении средней абсолютной ошибки результата все абсолютные ошибки отдельных измерений берутся со знаком +.

Отношение абсолютной ошибки результата к его значению, т. е. $\frac{\Delta N}{N}$ называется средней относительной ошибкой результата и выражается обычно в процентах.

Пример. При определении диаметра пули с помощью рычажного микрометра было произведено 10 измерений и получены следующие результаты:

7,678 мм	абсолютная	ошибка	= + 0,003 мм
7,680 »	»	»	= + 0,005 »
7,670 »	»	»	= - 0,005 »
7,668 »	»	»	= - 0,007 »
7,676 »	»	»	= + 0,001 »
7,674 »	»	»	= - 0,001 »
7,675 »	»	»	= + 0,000 »
7,672 »	»	»	= - 0,003 »
7,682 »	»	»	= + 0,007 »
7,670 »	»	»	= - 0,005 »

$$\text{Среднее значение } N = \frac{N_1 + N_2 + \dots + N_k}{10} = 7,675 \text{ мм}$$

мы принимаем за точное значение диаметра пули.

Средняя абсолютная ошибка

$$\Delta N =$$

$$= \frac{0 + 0,005 + 0,005 + 0,007 + 0,001 + 0,001 + 0,003 + 0,003 + 0,007 + 0,005}{10},$$

откуда $\Delta N = \pm 0,004$ мм.

Зная среднюю абсолютную ошибку, мы можем записать полученное нами значение диаметра пули следующим образом:

$$\text{диаметр пули} = 7,675 \pm 0,004 \text{ мм.}$$

Понимать это нужно так, что найденное нами значение диаметра пули 7,675 мм отличается от точного не более, чем на 0,004 мм.

Знание ошибок измерений позволяет правильно оценить значение того или иного идентификационного признака. Поясним это на следующем примере.

При сравнительном исследовании текстов, напечатанных на пишущих машинках, одним из идентификационных признаков является величина шага главного механизма. Существенное различие в величине шага главного механизма дает основание для вывода, что исследуемый текст напечатан не на данной машинке. Однако на практике встречаются случаи, когда полученные при измерениях данные таковы, что эксперт не знает, следует ли трактовать наблюдаемые различия как существенные.

Предположим, что при измерении шага главного механизма на трех исследуемых документах были получены следующие значения:

Документ № 1		Документ № 2		Документ № 3	
Величина шага главного механизма (мм)	Абсолютная ошибка измерения	Величина шага главного механизма (мм)	Абсолютная ошибка измерения	Величина шага главного механизма (мм)	Абсолютная ошибка измерения
2,567	+0,001	2,573	+0,005	2,561	+0,001
2,562	—0,004	2,571	+0,003	2,558	—0,002
2,563	—0,003	2,568	0,000	2,559	—0,001
2,559	—0,007	2,565	—0,002	2,563	+0,003
2,572	+0,006	2,563	—0,005	2,557	+0,003
2,570	+0,004	2,567	—0,001	2,560	0,000
2,565	—0,001	2,569	+0,001	2,558	—0,002
2,567	+0,001	2,566	—0,002	2,562	+0,002
2,568	+0,002	2,570	+0,002	2,564	+0,004
2,564	—0,002	2,572	+0,002	2,560	0,000
2,566	±0,003	2,568	±0,002	2,560	±0,002

Таким образом, для пишущих машинок, на которых напечатаны исследуемые документы, имеем:

Документ № 1 Шаг главного механизма 2,566 ± 0,003 мм
 » № 2 » » 2,568 ± 0,002 »
 » № 3 » » 2,560 ± 0,002 »

Различие между найденными значениями шага главного механизма для первого и второго документов

находится в пределах точности измерений и не может рассматриваться как существенное, так как наблюдаемое расхождение могло быть вызвано случайными ошибками измерений. Различие же между значениями для первого и третьего документов и второго и третьего превосходит максимальную возможную ошибку измерений, которая равна сумме ошибок обоих измерений ($0,002 + 0,003$ мм) и потому должно быть признано существенным.

г) Понятие о допусках в производстве. При изготовлении тех или иных предметов точное соблюдение установленных размеров невозможно, так как при каждой операции будут иметь место отклонения, вызванные несовершенством примененных станков и приспособлений, да и нецелесообразно, так как привело бы к значительному удорожанию изделий. Поэтому, в зависимости от вида и назначения изделия, устанавливаются допустимые отклонения его размеров от точных. Бракуются те изделия, у которых отклонения от точных размеров больше допустимых. Разность между максимальным и минимальным значением того или иного размера указывает на допустимую неточность изготовления и называется допуском. Чем меньше допуск, тем точнее изготовлена деталь.

Допуски играют большую роль в машиностроении, где на них часто базируется все построение технологического процесса изготовления тех или иных изделий.

Кроме понятия допуска, важным является также понятие об отклонении размеров, под которым понимают разность между действительным и номинальным размерами той или иной детали.

Например, диаметр патронника охотничьего ружья 16-го калибра составляет 18,90—18,95 мм у казенника и 18,60—18,65 мм у переднего конца. В данном случае допуск при сверлении патронника составляет 0,05 мм.

Знание существующих в промышленности допусков имеет большое значение для использования размеров того или иного объекта в качестве идентификационного признака при установлении принадлежности этого объекта к определенной группе изделий.

Например, на экспертизу представлены два осколка ветрового стекла автомашины и поставлен вопрос о том, принадлежали ли оба осколка одному или двум

ветрового стекла
10.11.1951 г.

Перед экз
установленн
этом основан
надлежали р
(безосколочн
1315-51 устан
листа $\pm 0,5$ м
щине не пре
ляет дать за
копков.

д) Пра
Приступая к
всего необхо
ратуру и так
требуемую т
ветствовать
всегда желат
пропорциона
средств. При
большое знач
рыми пользун
делий данног

Например
рить калибр
нарезного огн
ния в предела
рения целесос
калибр с точ
как это приве
мерений, а пр
1ой стороны,
штангенцирку
достаточным,
разцов оружи
0,1 мм (напри
При измере
быть получен
буют проведе

ветровым стеклам. Произведенные измерения дали для толщины осколка следующие значения:

1 осколок	5,7 мм
2 осколок	6,2 мм

Перед экспертом встает вопрос, можно ли считать установленное различие в толщине существенным и на этом основании дать заключение, что оба осколка принадлежали разным стеклам. Для данного типа стекла (безосколочное на бутафольной прокладке) ГОСТ 1315-51 устанавливает допустимые колебания в толщине листа $\pm 0,5$ мм. Поскольку наблюдаемое различие в толщине не превосходит допустимых норм, оно не позволяет дать заключение о различном происхождении осколков.

д) Правила производства измерений. Приступая к измерению какой-либо величины, прежде всего необходимо выбрать такую измерительную аппаратуру и такой метод измерения, которые обеспечили бы требуемую точность. Точность измерения должна соответствовать поставленной задаче; излишняя точность не всегда желательна, так как ее достижение связано с непропорционально большой затратой труда, времени и средств. При определении нужной степени точности большое значение имеет также знание допусков, которыми пользуются на производстве при изготовлении изделий данного типа.

Например, перед экспертом поставлена задача измерить калибр оружия. Так как при изготовлении стволов нарезного огнестрельного оружия допускаются отклонения в пределах 0,01 мм, то производить подобные измерения целесообразно с точностью до 0,01 мм. Измерять калибр с точностью до 0,001 мм не имеет смысла, так как это приведет только к ненужному усложнению измерений, а практически же окажется бесполезным. С другой стороны, производство таких измерений с помощью штангенциркуля, дающего точность до 0,1 мм, будет недостаточным, так как различие в калибре отдельных образцов оружия может быть значительно меньше, чем 0,1 мм (например, калибры 7,65; 7,62; 7,63).

При измерении таких величин, которые не могут быть получены путем непосредственного отсчета, а требуют проведения вспомогательных измерений, как,

например, удельный вес, получаемый в результате деления веса данного образца, выраженного в граммах, на объем, выраженный в см^3 , необходимо иметь в виду, что общая ошибка измерения будет всегда больше, чем наибольшая из ошибок вспомогательных измерений. Бесполезно поэтому добиваться большой точности при измерении веса, если при измерении объема была, скажем, допущена ошибка в 5%. Наиболее целесообразным является такой выбор методов и измерительной аппаратуры, чтобы точность отдельных вспомогательных измерений была бы примерно одинакова.

После выбора метода измерения и приборов необходимо убедиться в правильности показаний этих приборов. Как правило, измерительные приборы снабжаются паспортом или аттестатом, в котором или указывается величина ошибки, получаемой при измерениях, или отмечается соответствие этого прибора установленным техническим условиям. Если паспорт прибора отсутствует или же с момента выдачи его прошел значительный срок, его необходимо проверить в отделении Комитета стандартов, мер и измерительных приборов.

При работе со сложными измерительными приборами следует соблюдать указанные в описаниях правила установки этих приборов. Располагать приборы следует таким образом, чтобы было удобно делать отсчеты.

Шкалы приборов должны быть хорошо освещены. При производстве отсчета взгляд наблюдателя должен быть направлен перпендикулярно поверхности шкалы.

Полученные при производстве измерений данные должны быть записаны в книге протоколов измерений. Записи в протоколе должны быть произведены достаточно подробно, чтобы в случае необходимости проведения повторной экспертизы можно было проверить и повторить произведенные измерения. В протоколе, кроме даты и фамилии наблюдателя, должно быть указано, какой объект подвергался измерениям, род измерений, примененный метод и приборы; должны быть приведены все полученные при измерениях данные и произведенные вычисления. В протоколе должны быть отражены также все обстоятельства, которые могли оказать влияние на точность измерений (например, состояние измеряемого объекта, температура и т. п.).

Методы
актах экспертизы
робно, чтобы
методы, приво
не описывают
ваются ссылко
производства
циальные при
данных целей
быть подробно

Необходимо
измерений, пр
пример, $6,35 \pm$

При описа
нятыми терми
ствуясь устан

§ 2.

Для измер
ческих лабора
и т. п., чаще

1. Штанген

2. Микроме

3. Индикат

4. Конуснь

5. Измери

6. Окуляр-

Штанген

для измерения

предметы дос

скольких сант

мерения не пр

Линейный

зашающую в

шкалу, имее

нанесены та

ления основн

несены дел

шкалы нони

гаться вдоль

Методы измерения и измерительная аппаратура в актах экспертиз должны быть описаны настолько подробно, чтобы была ясна их сущность. Общеизвестные методы, приведенные в руководствах и справочниках, не описываются; в случае необходимости ограничиваются ссылкой на литературный источник. Если для производства измерений были сконструированы специальные приспособления или использован ранее для данных целей не применявшийся метод, то это должно быть подробно описано в акте экспертизы.

Необходимо указывать точность, достигнутую при измерении, приводя абсолютную ошибку измерения (например, $6,35 \pm 0,01$ мм).

При описании следует пользоваться лишь общепринятыми терминами и обозначениями величин, руководствуясь установленными общесоюзными стандартами.

§ 2. Измерение линейных размеров

Для измерения линейных размеров в криминалистических лабораториях, кроме обычных линеек, рулеток и т. п., чаще всего используются следующие приборы.

1. Штангенциркуль с нониусом.
2. Микрометр.
3. Индикаторы.
4. Конусные калибры и щупы.
5. Измерительные лупы.
6. Окуляр-микрометры.

Штангенциркуль с нониусом применяется для измерения линейных размеров предметов, когда эти предметы достаточно велики (порядка одного или нескольких сантиметров) и когда требуемая точность измерения не превышает 0,1—0,02 мм.

Линейный нониус представляет собой линейку, скользящую вдоль масштаба (рис. II—1) и содержащую шкалу, имеющую 10 делений. Деления шкалы нониуса нанесены таким образом, что каждое из них равно 0,9 деления основной шкалы. Так, если на основной шкале нанесены деления в миллиметрах, то каждое деление шкалы нониуса равно 0,9 мм. Нониус может передвигаться вдоль шкалы масштаба.

Длина отрезка, измеряемого при помощи нониуса, равна числу целых делений масштаба плюс количество десятых, равное номеру деления нониуса, совпадающего с каким-либо делением шкалы.

Измеряемый предмет зажимают между губками штангенциркуля и отсчитывают целое количество миллиметров (ближайшее деление основной шкалы, расположенное слева от нулевого деления нониуса). В примере, представленном на рис. II—1, это будет 3 мм. Далее определяют, какое из делений нониуса совпадает

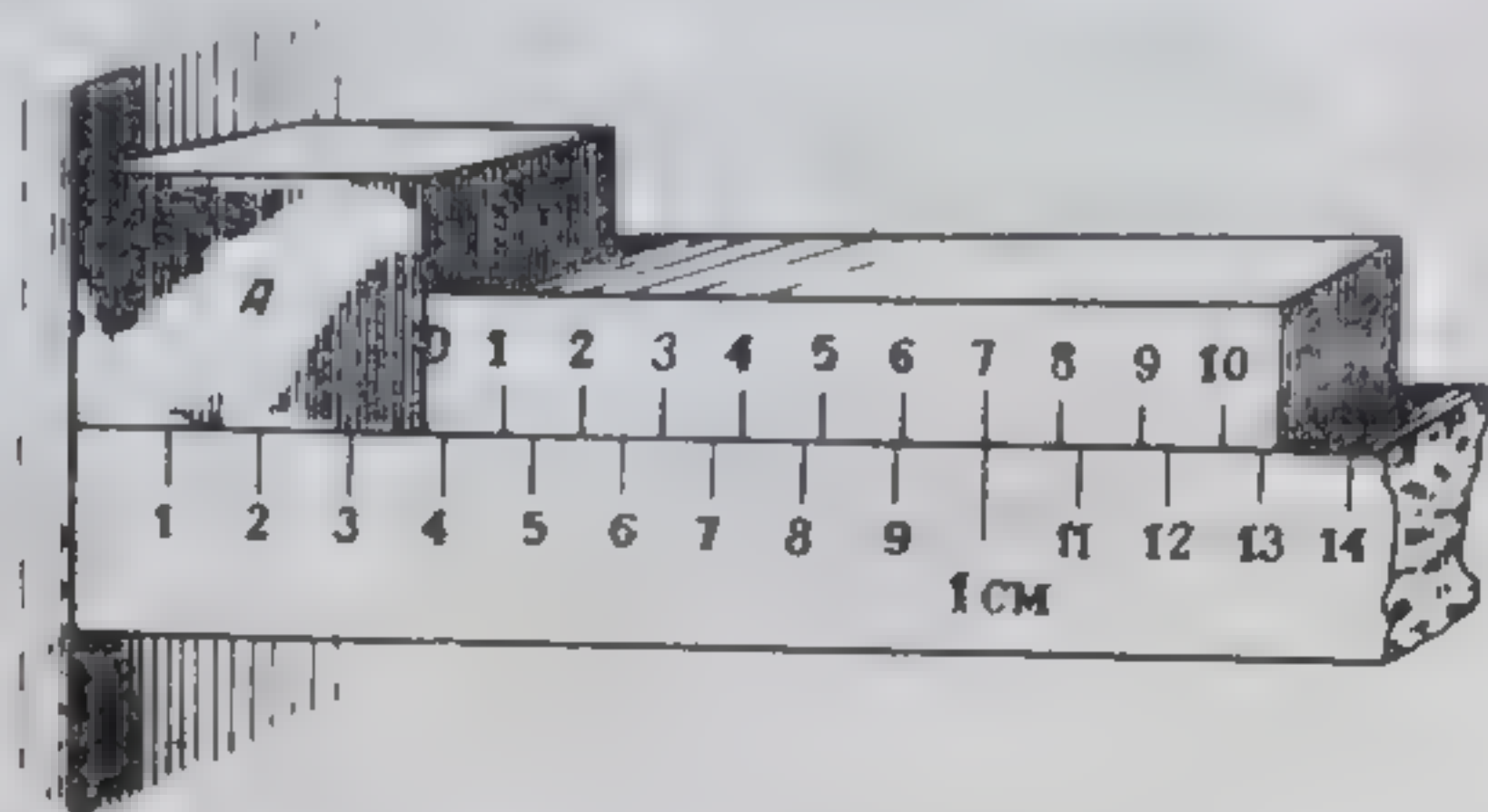


Рис. II—1. Схема нониуса

с делением шкалы, это указывает нам количество десятых долей мм. Если таким делением является, например, седьмое, то, значит, количество десятых долей будет 7, а вся длина равна 3,7 мм.

Иногда встречаются штангенциркули с нониусами, имеющими не 10, а 20 или даже 50 делений, что позволяет повысить точность измерений, соответственно, до 0,05 мм или 0,02 мм. Данные относительно этих нониусов приведены ниже:

Величина одного деления шкалы в мм	1	1	1	0,5
Число делений шкалы нониуса	10	20	50	25
Точность нониуса в мм	0,1	0,05	0,02	0,02

Длина отрезка, измеряемого с помощью нониуса, равна числу целых делений масштаба плюс точность нониуса, умноженная на номер деления шкалы нониуса, совпадающего с определенным делением масштаба.

Пример. Измерения производятся с помощью штангенциркуля, у которого деления основной шкалы выражены в миллиметрах, а число делений нониуса равно 50. Отсчитываем 24 целых деления шкалы и замечаем,

что 32 деление нониуса совпадает с делением основной шкалы. Следовательно, длина измеряемого отрезка будет

$$24 + 0,02 \times 32 = 24,64 \text{ мм.}$$

Для измерения глубин отверстий применяются штангенциркули, снабженные глубиномерами.

Конусный калиброметр. Для измерения отверстий, пулевых пробоин и т. п. вместо штангенциркуля удобно пользоваться либо масштабом для измерения отверстий, либо конусным калиброметром.

Масштаб для измерения диаметров малых отверстий представляет собой линейку, заостренную по направлению к одному из концов (рис. II—2а). Ширина линейки

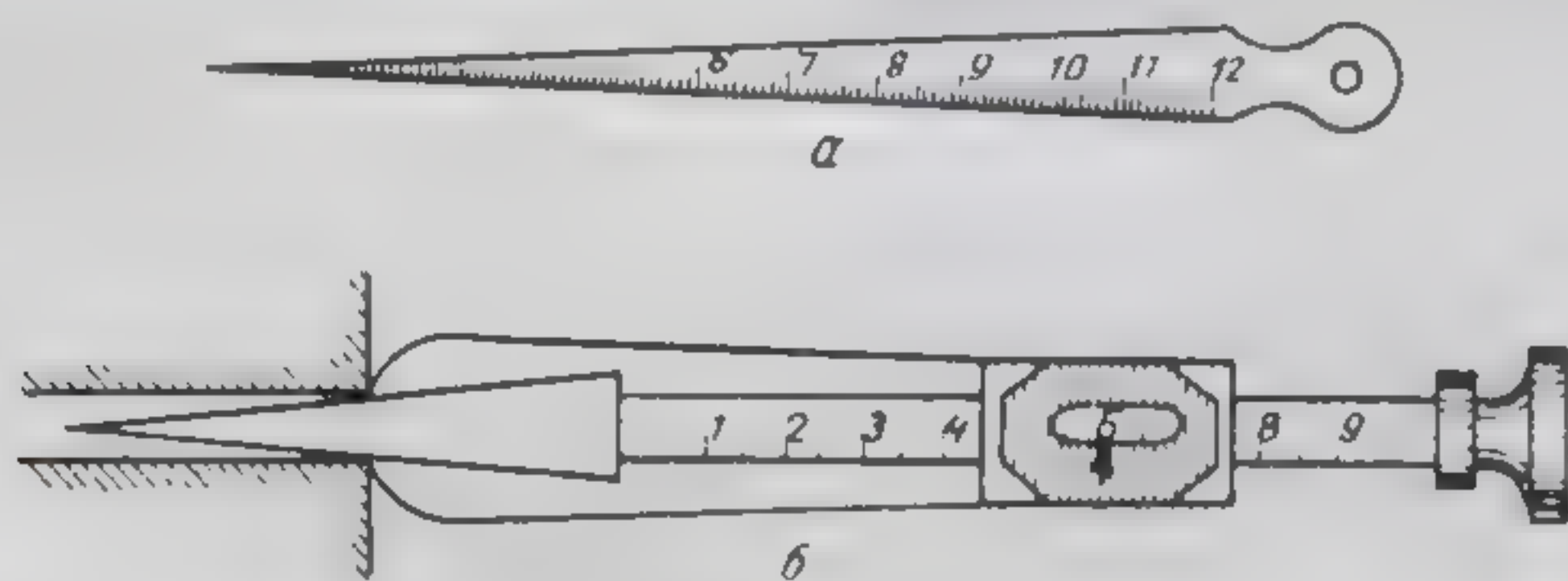


Рис. II—2. а — масштаб для измерения отверстий, б — конусный калиброметр

(в любом месте в миллиметрах) указана делениями, нанесенными вдоль всего масштаба. Вставляя до отказа масштабную линейку в измеряемое отверстие, определяют деление, обозначающее величину диаметра отверстия. Точность, получаемая при этом, составляет 0,1 мм.

Более совершенным прибором для измерения отверстий является конусный калиброметр (рис. II—2б). Этот прибор состоит из масштаба, соединенного с конусом, и движка, связанного с упорами. При измерениях вводят конус прибора до отказа в измеряемое отверстие. Масштаб снабжен делениями в 0,5 мм, а точность нониуса составляет 0,1 мм. Конусность составляет 1 : 5, так что 1 мм диаметра измеряемого отверстия соответствует участок масштабной линейки в 5 мм. Поэтому точность измерения диаметра отверстий доходит до 0,01 мм. Предел измерения конусными калиброметрами обычно составляет 15—20 мм.

Для измерения небольших зазоров и трещин применяется шуп, представляющий собой набор стальных пластинок различной толщины от 0,04 до 2 мм. Величину зазора определяют, вводя в него одну или несколько пластинок.

Микрометры. Для измерения линейных размеров с большей точностью применяется микрометр, ос-

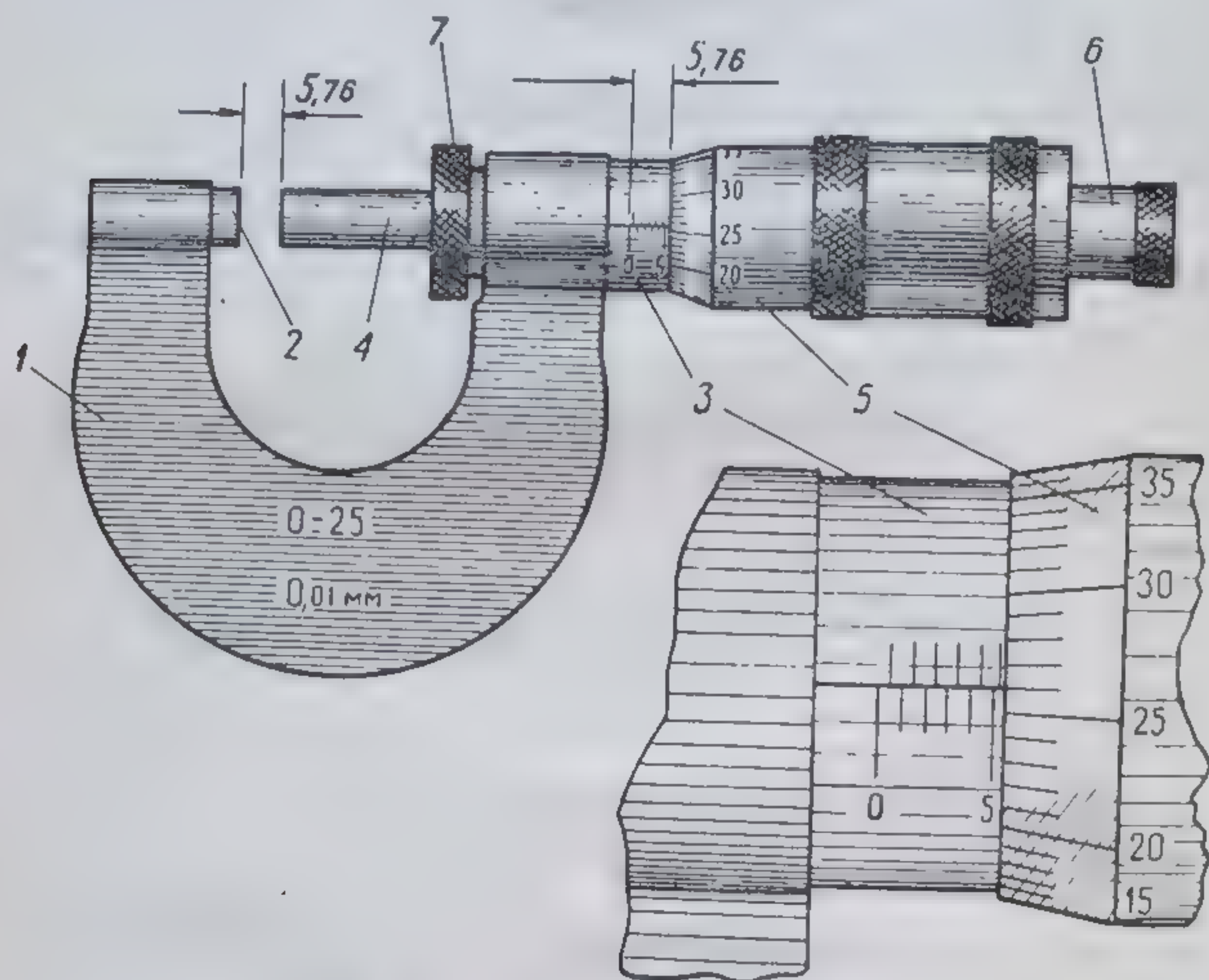


Рис. II—3. Микрометр. 1 — скоба, 2 — пятка, 3 — втулка, с внутренней резьбой, 4 — шпindel, 5 — барабан с делениями, 6 — трещотка, 7 — стопорная гайка

новной частью которого является винт, перемещающийся в неподвижной гайке. Схема микрометра представлена на рис. II—3. Измеряемый объект помещается между измерительными поверхностями, одна из которых расположена на конце микрометрического винта, а другая на выступе скобы. Один оборот микрометрического винта соответствует передвижению измерительной поверхности на 0,5 мм, винт жестко соединен с барабаном, окружность которого разделена на 50 частей. Таким образом, поворот на одно деление соответствует передвижению измерительной поверхности на

0,01 мм (рис. II—3). На основной шкале нанесены деления в миллиметрах (внизу) и, кроме того, отмечены половины миллиметра (деления в верхней части). Сперва по нижней основной шкале производится отсчет целых миллиметров; в нашем примере — 5. Затем по верхней основной шкале определяем, есть ли после деления «5» еще деление, соответствующее половине мм, и, наконец, по круговой шкале, имеющейся на барабане, отсчитываем сотые доли. В нашем примере измеряемый размер будет $5 + 0,5 + 0,26 = 5,76$ мм.

Микрометр позволяет производить измерения с точностью до 0,01 мм.

Для получения постоянного давления на измеряемый объект, независимо от усилия рук оператора, микрометры снабжаются трещоткой. Как только давление на измеряемый объект дойдет до определенной величины, трещотка начнет вращаться вхолостую, не сообщая микрометрическому винту поступательного движения.

Перед производством измерений с помощью микрометра необходимо проверить, устанавливается ли круговая шкала барабана на «0» при отсутствии измеряемого объекта.

Большую точность может дать рычажный микрометр. Торец с измерительной поверхностью здесь сделан подвижным и связан посредством системы рычагов со стрелкой циферблата, каждое деление которого равно 0,002 мм. Объект зажимают между измерительными поверхностями, причем устанавливают барабан таким образом, чтобы против линейки основной шкалы находилось целое деление круговой шкалы барабана. После этого отсчитывают по основной шкале целые миллиметры и половины миллиметров, по круговой шкале барабана — сотые доли миллиметра, по циферблату — тысячные доли миллиметра; эта последняя поправка берется со знаком + или — в зависимости от того, в какую сторону отклонится стрелка циферблата.

Рычажный микрометр позволяет проводить измерения с точностью до 0,002 и удобен при измерении толщины листов бумаги, металлической фольги, волос и т. п.

При измерении большого количества однородных объектов удобно применение индикаторов.

Индикатор имеет циферблат с двумя стрелками — малой, показывающей целые миллиметры, и большой, показывающей сотые доли мм.

Индикаторы изготавливаются с пределами измерения до 10 мм. Достигаемая точность равна 0,01 мм, т. е. соответствует точности микрометра.

Оптические измерительные приборы. В криминалистической технике чаще всего применяются измерительная лупа и окуляр — микрометр.

Измерительная лупа дает точность измерения до 0,05 мм и применяется для измерения объектов, которые не могут быть зажаты между измерительными поверхностями штангенциркуля или микрометра. К таким объектам относятся карандашные и чернильные штрихи на бумаге, буквы машинописного текста, пятна и следы на документах и на текстильных тканях, следы орудий взлома и т. п.

Измерительная лупа состоит из собственно лупы и стеклянной прозрачной пластинки с нанесенными на ней делениями. Расстояние между соседними делениями — 0,1 мм. Увеличение лупы — 10 раз.

Стеклянная пластинка укладывается на измеряемый объект и при помощи лупы производится отсчет по шкале с точностью до половины деления, т. е. до 0,05 мм.

В тех случаях, когда размеры измеряемых объектов малы и требуется большая точность, применяется микроскоп с окулярным микрометром, описанный в разделе «Микроскопия и микрофотография» (глава XII).

Измерение длины кривых линий. Для измерения длины кривых линий применяются так называемые дисковые масштабы или курвиметры.

Дисковый масштаб представляет собою диск, на котором нанесены деления в мм и который свободно может вращаться вокруг своей оси. К центру диска прикреплена рукоятка. Установив предварительно нулевое деление в начале измеряемой кривой, масштаб катят до конца кривой. При измерениях необходимо следить за тем, чтобы диск не был чрезмерно прижат к ручке, а также, чтобы он не проворачивался вхолостую от случайных прикосновений.

При помощи дискового масштаба можно измерять также и длину прямых линий.

Для
В кр
дущие
1. Ст
2. Кор
3. Ана
Сто
ками
нее
тельно
ставл
следо
Коромысловые точ
чаях, когда
для взвешивания пре
500 г и более.
Допускается мал
лице.

Наибольшая погрешность	
Допускаемая погрешность в мг	При каком весе
	при взвешивании

Для регули
коромысла
резке гири
шим при
Для получения
столовыми
них взвешивать

В курвиметре на оси помещается ролик, который катят по измеряемой линии. Системой зубчатых колес вращение ролика передается стрелке, движущейся по циферблату.

§ 3. Взвешивание

Для определения массы тела пользуются весами. В криминалистических лабораториях применяются следующие виды весов:

1. Столовые.
2. Коромысловые точные.
3. Аналитические.

Столовые равноплечные весы с верхними чашечками пригодны для взвешивания объектов более или менее значительного веса (от 2,5 до 30 кг) со сравнительно невысокой точностью. Погрешность измерения составляет $\pm 1\%$ при полной нагрузке; для весов до 2 кг, следовательно, погрешность равна ± 2 г.

Коромысловые точные весы применяются в тех случаях, когда необходима большая точность измерения для взвешивания предметов до 1, 5, 20, 50, 100, 200, 500 г и более.

Допускаемая погрешность при этом указана в таблице.

	Наибольшая нагрузка в г . . .	1	5	20	50	100	200	500
Допускаемая погрешность в мг	При полной нагрузке	3	6	15	30	40	50	100
	при 1/10 полной нагрузки . . .	1	2	4	5	10	15	30

Для регулировки равновесия системы на концах коромысла помещаютдвигающиеся по винтовой нарезке гирьки. Весы снабжаются арретиром, поднимающим при взвешивании опорную призму над подушкой. Для получения надлежащей точности при работе со столовыми и коромысловыми весами нежелательно на них взвешивать грузы менее 0,1 наибольшей нагрузки.

Поэтому целесообразно иметь в лаборатории несколько весов, рассчитанных на разную максимальную нагрузку, например, на 2 кг, 200 г и 20 г.

Аналитические весы применяются для лабораторных работ, требующих высокой точности взвешивания. Они являются более усовершенствованным образцом коромысловых точных весов и отличаются от них приспособлениями, позволяющими повысить точность измерений. Аналитические весы предназначены для взвешивания с точностью до десятых долей миллиграмма.

Чувствительность аналитических весов составляет не менее 0,4 мг на одно деление шкалы для весов на 200 г и 0,04 мг — для весов на 20 г. Взвешивание на этих весах требует соблюдения правил, описанных в соответствующей литературе.

Правила обращения с весами. При обращении с весами, служащими для точного взвешивания, необходимо соблюдать следующие правила:

1. Пока весы не арретированы, нельзя ни класть, ни снимать с них грузы и вообще прикасаться к чашкам.
2. Грузы следует располагать в средней части чашки.
3. Нельзя брать гири руками; для этой цели служит пинцет, прилагаемый к набору.
4. Снимая гири с весов, следует класть их в ящик на предназначенное им место.
5. Освобождать и арретировать коромысло следует всегда медленно и плавно.
6. Не следует полностью освобождать коромысло, пока чашки недостаточно уравновешены; его освобождают лишь настолько, чтобы можно было судить, какая чашка перетягивает; после этого арретируют коромысло и прибавляют или убавляют гири.
7. Если чашки качаются маятникообразно, то их следует успокоить прикосновением листка бумаги.
8. Не следует оставлять надолго грузы на чашках.

§ 4. Измерение удельного веса

Иногда, например, при сравнительном исследовании осколков стекла, необходимо определить удельный вес вещества.

Удельный
исслед...

где d — удельный
 P — вес тела
 V — объем
Таким образом

дится к определению
Вес тела
вания, измерения
конфигурации
меда. Для измерения
ненной телесной
ной температуры

Для измерения
распространения
1. Метод
2. Определение
3. Флотация

Метод
удобен в тех случаях,
более или менее
При этом
тело, желательнее
большей точности
тонкой проволокой
щей длины на
вторично.

Получают
 P — вес тела
 P_1 — вес тела
Затем на тигель
вают под чашкой
водой так, чтобы
погрузился в воду
получают

При взвешивании
объект не прикасается

Удельным весом называется вес единицы объема исследуемого объекта, т. е.

$$d = \frac{p}{v},$$

где d — удельный вес тела в г/см³;

p — вес тела в г,

v — объем тела в см³.

Таким образом, определение удельного веса сводится к определению веса тела и его объема.

Вес тела может быть определен путем его взвешивания, измерение же объема тел, имеющих сложную конфигурацию, производят, пользуясь законом Архимеда. Для этой цели измеряют сперва вес воды, вытесненной телом, а затем, зная удельный вес воды при данной температуре, путем вычислений определяют объем.

Для измерения удельного веса твердых тел наиболее распространенными способами являются:

1. Метод гидростатического взвешивания.
2. Определение при помощи пикнометра.
3. Флотационный метод.

Метод гидростатического взвешивания удобен в тех случаях, когда измеряемый объект имеет более или менее значительные размеры.

При этом методе сперва взвешивают исследуемое тело, желательно на аналитических весах с возможно большей точностью. После этого подвешивают его на тонкой проволочке (диаметр 0,05—0,03 мм) надлежащей длины на крючок левой чашки весов и взвешивают вторично.

Получают

P — вес тела в воздухе

P_1 — вес тела вместе с проволочкой.

Затем на треножнике или иной подставке устанавливают под чашкой весов стакан с дистиллированной водой так, чтобы измеряемый кусочек полностью погрузился в воду, и снова взвешивают; таким образом, получают

P_2 — вес тела в воде.

При взвешивании необходимо следить за тем, чтобы объект не прикасался к стенкам сосуда, чашка весов

не касалась подставки под стаканом и чтобы на поверхности тела не было прилипших пузырьков воздуха. Искомый удельный вес тела d определяется из соотношения

$$d = \frac{P}{P_1 - P_2} \cdot S$$

где S — удельный вес воды при температуре взвешивания (значения берутся из таблицы).

Удельный вес воды при различной температуре

Температура в °	Удельный вес	Температура в °	Удельный вес
4	1,000000	16	0,998971
6	0,999968	18	0,998624
8	0,999876	20	0,998234
10	0,999728	22	0,997802
12	0,999525	24	0,997329
14	0,999271	26	0,996529

Если предмет растворим в воде, то вторичное взвешивание производят в жидкости, в которой бы данное вещество не растворялось и плотность которой известна. В этом случае в приведенной выше формуле для удельного веса величина S должна обозначать удельный вес взятой жидкости.

Определение удельного веса с помощью пикнометра. Для определения удельного веса маленьких кусочков вещества метод гидростатического взвешивания применять нецелесообразно. Более точные результаты дает применение пикнометра.

Пикнометр представляет собою сосуд определенного объема.

При работе с пикнометром поступают следующим образом:

а) определяют P_1 — вес кусочков вещества, удельный вес которого желают измерить,

б) определяют P_2 — вес пикнометра, наполненного дистиллированной водой (без измеряемого вещества). Для этого наполняют пикнометр водой до края горлышка и затем закрывают пришлифованной пробкой,

имеющей узкий канал, через который вытекает излишняя вода,

в) определяют P_3 — вес пикнометра с кусочками вещества и водой.

На кусочках и внутри пикнометра не должны оставаться пузырьки воздуха.

Искомый удельный вес вещества может быть определен по формуле

$$d = \frac{P_1}{P_2 - P_3 + P_1} \cdot S$$

Значение S берется из таблицы.

Взвешивание следует производить на аналитических весах.

Флотационный метод. При сравнительном исследовании стекла и некоторых других объектов для определения удельного веса (если он не превосходит 3 г/см^3) удобным является флотационный метод, сущность которого заключается в том, что путем смешивания жидкостей, обладающих различным удельным весом, подбирают такую смесь, удельный вес которой равнялся бы удельному весу исследуемого материала. В качестве таких жидкостей могут быть использованы:

Название жидкости	Удельный вес (в г/см^3)
Бромформ	2,890
Хлороформ	1,489
Йодистый метилен . . .	3,325
Бромнафталин	1,476

В том случае, когда удельный вес жидкости равен удельному весу исследуемого вещества, кусочек этого вещества остается на той глубине, на которой его поместили, не всплывая вверх и не опускаясь на дно.

Удельный вес смеси двух жидкостей может быть вычислен по формуле:

$$d = \frac{v_1 d' + v_2 d''}{v_1 + v_2}$$

где d — удельный вес смеси двух жидкостей,

v_1 — объем жидкости с удельным весом d' ,
 v_2 — объем жидкости с удельным весом d'' .

Особенно удобен флотационный метод, когда нужно установить, обладают ли сравниваемые кусочки вещества одинаковым или разным удельным весом, абсолютная же величина удельного веса не имеет существенного значения.

Измерение удельного веса жидкостей. Для быстрого измерения удельного веса жидкостей применяются ареометры (рис. II—4).

Ареометр имеет вид тонкой стеклянной трубки со значительным расширением внизу, в которое вложен балласт — ртуть или дробь. Плавающая в испытуемой жидкости, прибор погружается на определенную глубину, зависящую от ее удельного веса. По глубине погружения с помощью шкалы определяют значение удельного веса жидкости.

Ареометры градуируются либо в значениях удельного веса, либо в так называемых «градусах Боме» (обозначаются $^{\circ}\text{Be}$); последние иногда применяются для измерения удельного веса серной кислоты, применяемой для зарядки аккумуляторов.

Для измерения различных удельных весов служат наборы ареометров.

Ареометры для измерения удельного веса молока называются лактоденсиметрами или лактометрами, для измерения крепости спирта — спиртометрами и т. д.

Рис. II—4. Ареометр

Более точно, чем ареометром, удельный вес жидкости может быть определен с помощью пикнометра (см. выше). В этом случае искомый удельный вес жидкости d определяется по формуле:

$$d = \frac{P - P_1}{Q - P_1} \cdot S$$

где P — вес пикнометра с жидкостью,
 Q — вес пикнометра с водой,

P_1 — вес
 S — удельный
 вес (или
 массу)
 (или
 массу).

А. Ф. П.
 С. Ф. М.
 А. Н. По
 надлежностей.
 Ю. С. Т.
 нические изме
 Под реда
 М., 1951.
 Н. М. Зю
 миналистика

P_1 — вес самого пикнометра,
 S — удельный вес воды при данной t° (см. таблицу).

ЛИТЕРАТУРА

- А. Ф. Плонский, Измерения и меры, М., 1956.
С. Ф. Машков, Введение в технику измерений, М., 1952.
А. Н. Поверенный, Товароведение школьно-письменных принадлежностей, М., 1948.
Ю. С. Тарасевич и Э. Н. Явойш, Допуски, посадки и технические измерения, Машгиз, 1957.
Под редакцией В. И. Ивероновой, «Физический практикум», М., 1951.
Н. М. Зюскин, Об исследовании машинописных текстов, «Криминалистика и научно-судебная экспертиза», Сб. 3, Киев, 1948.
-

Глава III

ИСТОЧНИКИ СВЕТА И ИХ СВОЙСТВА

§ 1. Общие сведения

Источники света, применяемые при исследовании вещественных доказательств, можно разделить на следующие группы:

1. Естественное солнечное освещение.
2. Лампы накаливания.
3. Электрические дуги.
4. Газосветные трубки.

Съемка места происшествия часто производится при естественном освещении.

При исследовании вещественных доказательств применяются почти исключительно искусственные источники света, свойства которых легко воспроизводимы и могут быть регулируемы.

Свойства источников света при цветофотографических процессах и процессах цветоделения имеют первостепенное значение.

Источники света, используемые для видимой части спектра, служат для получения излучения и в невидимой части спектра (ультрафиолетовой и инфракрасной), широко применяемой при криминалистических исследованиях.

В этом разделе приводятся сведения о спектральных данных источников света для фотографически используемой видимой области спектра. Источники света, служащие для получения ультрафиолетовой и инфра-

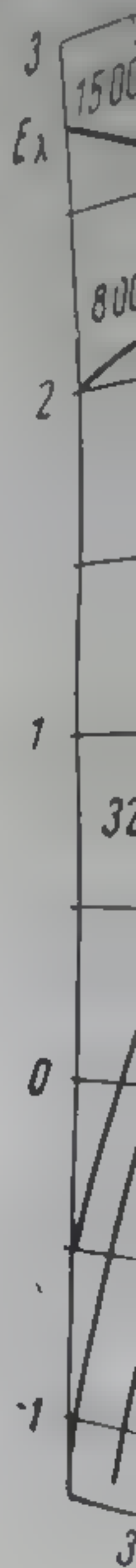


Рис. I

рой абсолютного излучения (рис. III- тело, которое любой излучающей техникой температуры; э черного тела с данным излучением, таким образом.

красной части спектра, освещены в соответствующих разделах.

Источники света, излучающие в видимой части спектра, характеризуются так называемой цветовой температурой. При нагревании тела начинают светиться, причем спектральный состав излучения зависит от той температуры, до которой нагрето тело. Между температу-

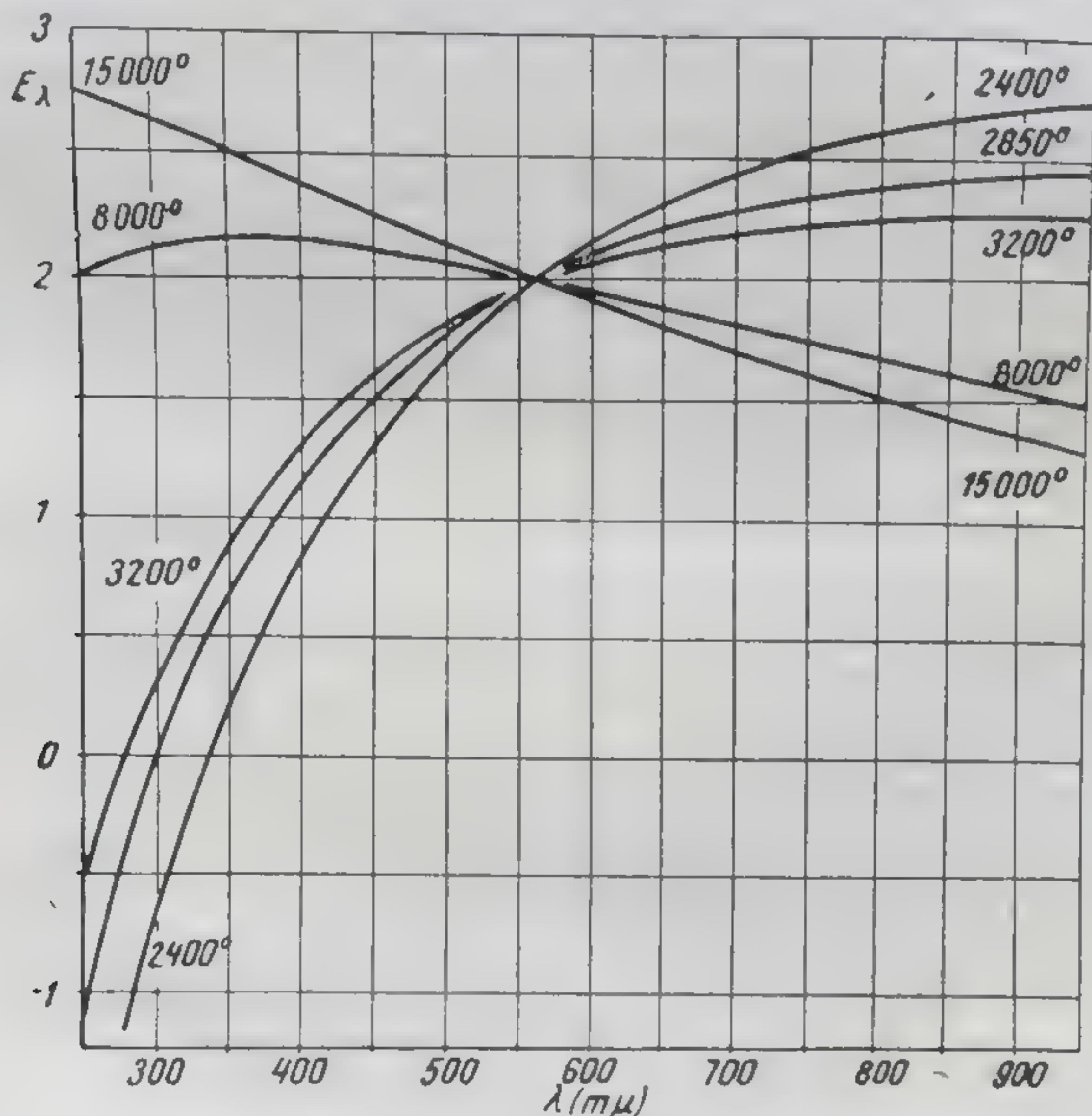


Рис. III—1. Спектральное распределение излучения черного тела

рой абсолютно черного тела и спектральным составом излучения существует вполне определенная зависимость (рис. III—1); абсолютно черным телом называется тело, которое способно поглощать все лучи в интервалах любой длины волны. Для характеристики излучения тех или иных тел служит цветная или цветовая температура; это есть температура, при которой абсолютно черное тело имеет одинаковую цветность излучения с данным раскаленным телом. Цветовая температура, таким образом, определяет спектральный состав излучения.

Для определения цветовой температуры производится исследование распределения энергии в спектре при помощи спектральных приборов.

Цветовая температура может быть легко определена, если известно положение максимума на кривой, характеризующей распределение световой энергии в зависимости от длины волны.

Например, для солнца найдено $\lambda_{\max} = 4700 \text{ \AA}$; это значение соответствует 6150° абсолютной шкалы, если принять солнце за абсолютно черное тело.

Источники света могут иметь различную цветовую температуру, как это видно из таблицы.

Источник света	Цветовая температура — градусы абсолютной шкалы
Полуденный прямой солнечный свет	5 400
Дневной свет	6 500
Свет небосвода	12 000—18 000
Кратер угольной дуги	4 000
Белое пламя угольной дуги	5 000
Угольная дуга высокой интенсивности	5 500
40-ватная вольфрамовая лампа накаливания	2 760
500- » » » »	2 960
1500- » » » »	3 225
1000- » » » »	3 360
2500- » » » »	3 475

§ 2. Естественное солнечное освещение

Естественное солнечное освещение является весьма непостоянным источником света, завися от многих факторов и в первую очередь от высоты солнца и состояния погоды.

При безоблачном небе «света» на объекте освещаются суммарным светом неба и солнца; тени освещаются светом неба.

Освещение солнцем и небом, так называемое «светотеневое» освещение, следует отличать от освещения объекта в пасмурную погоду, когда солнце закрыто облаками.

При освещении солнцем, находящимся на безоблачном небе, интенсивность и спектральный состав света непрерывно меняется в зависимости от высоты стояния солнца над горизонтом.

Сухая и чистая атмосфера рассеивает преимущественно ультрафиолетовые, фиолетовые и синие лучи. При низком стоянии солнца, когда лучи должны пройти большой путь через атмосферу, в солнечном свете преобладают лучи красной части спектра. Чем выше стоит солнце, тем большей будет рассеянная освещенность от неба.

Цветовую температуру солнечного света в зависимости от высоты стояния солнца можно представить в следующей таблице:

Положение солнца	Цветовая температура (градусы абсолютной шкалы)
Восход солнца	1850
Высота 3°	2200
» 5°	2800—3000
» 10°	3500
» 15°	4000—4500

Изменения цветовой температуры суммарного излучения солнца и неба при частичной облачности представлены в следующей таблице:

Состояние неба	Состояние солнца	Род освещения объекта	Значения цветовой температуры	Среднее значение цветовой температуры
Безоблачно	Не закрыто облаками	Небо и солнце	3 800—6 500	5 400
Частичная облачность	То же	То же	6 000—12 000	8 000—8 500
Безоблачно	Не закрыто облаками	Небо	7 000—30 000	10 000
Сплошная облачность	Закрыто облаками		6 300—6 800	6 400

При фотографической съемке следует учитывать влияние ультрафиолетовых лучей, к которым чувствительны фотографические материалы; некоторые объекты, например «Ортогоз», хорошо пропускают длинноволновые ультрафиолетовые лучи.

Цветовая температура солнечного света имеет большое значение для цветной съемки на пленках дневного типа. Эти пленки рассчитаны на цветовую температуру источников света в пределах от 4800° абс. шкалы до 6500° абс. шкалы.

Изменения цветовой температуры суммарного света солнца и неба при частичной облачности приведены на следующей таблице:

Месяцы	Часы	12	11 13	10 14	9 15	8 16	7 17	6 18	5 19	4 20
Июнь		5800	5800	5800	5650	5450	5200	4600	3800	1400
Май, июль . . .		5800	5800	5750	5600	5400	5150	4550 ¹	3100	1100
Апрель, август .		5750	5700	5650	5500	5250	4750	3700	1300	
Март, сентябрь .		5600	5550	5400	5200	4850	4000	1400		
Февраль, октябрь		5250	5200	5050	4700	3900	1500			
Январь, ноябрь .		4800	4750	4400	3800	1700				
Декабрь		4500	4400	4000	3100	1200				

Интенсивность солнечного света также меняется в зависимости от положения солнца. Наибольшая освещенность наблюдается в момент наивысшего положения солнца над горизонтом. В соответствии с этим интенсивность солнечного света претерпевает изменения в течение дня и зависит от географической широты местности; для одного и того же времени дня или различной широты освещенность будет различной.

Данные для интенсивности освещения в зависимости от географической широты, даты и часа положены в основу таблиц для вычисления экспозиций.

На интенсивность и спектральный состав солнечного освещения в значительной степени влияет и ряд мест-

¹ Жирной чертой обведена область, в пределах которой находятся допустимые отклонения для съемки на пленках дневного типа.

ных условий:
смысле содержания
Зимой не

ние света от
примерно в
При чистом
том неба, что
небе, покрыт
тенях близка

Появлении
тельному ув
ствие чего у

Атмосфер

причинами.
фузное рас
товых, фиол
место в жа
дымкой; так
эта дымка п

как легкая в

Другой в
ствия в возд
дымка облад
желтой части
горизонтальном
низком поло
льда также
щения.

Местные
вия (наличие
значительной
тественным с
ных, получае
сти к больши
приняты как

В современ
ших собою те
щее тело, к
ключено в сте

ных условий: состояние погоды, чистота атмосферы в смысле содержания пыли и влаги.

Зимой необходимо принимать во внимание отражение света от снежного покрова, который отражает света примерно в 8—10 раз больше, чем зелень или земля. При чистом небе тени на снегу освещаются синим светом неба, что хорошо видно на цветных снимках. При небе, покрытом облаками, суммарная освещенность в тенях близка к «белой».

Появление атмосферной дымки приводит к значительному увеличению доли рассеянного света, вследствие чего уравнивается освещенность в тенях и светах.

Атмосферная дымка может вызываться различными причинами. В сухом и чистом воздухе происходит диффузное рассеивание света, в особенности ультрафиолетовых, фиолетовых и синих лучей. Это явление имеет место в жаркие дни, когда дали покрыты синеватой дымкой; так же, как и белесоватая дымка горизонта, эта дымка передается в фотографическом изображении как легкая вуаль.

Другой вид дымки образуется вследствие присутствия в воздухе охлаждающихся паров воды. Такая дымка обладает большей прозрачностью для красной и желтой части спектра. Она ослабляет видимость в горизонтальном направлении. Наличие в воздухе при низком положении солнца мельчайших кристалликов льда также приводит к красноватому оттенку освещения.

Местные топографические и географические условия (наличие пыли, влаги, высота местности, ветры) в значительной степени отражаются на освещенности естественным светом. Поэтому применение средних данных, получаемых из таблиц экспозиций, может привести к большим ошибкам, хотя эти данные и могут быть приняты как ориентировочные.

§ 3. Лампы накаливания

В современных лампах накаливания, представляющих собою температурные источники излучения, светящееся тело, которым является вольфрамовая нить, заключено в стеклянную колбу. В колбе находится или

смесь инертных газов (аргон = 86% с примесью азота = 14%), или колбы откачены до разрежения 10^{-4} — 10^{-5} мм ртутного столба. Вакуумные лампы имеют мощность до 40 ватт, газополные — свыше 40 ватт. По конструкции светящегося тела лампы могут быть: с прямой нитью, с простой спиралью, с двойной спиралью. Последние лампы называются биспиральными; светоотдача их больше, чем ламп с простой спиралью.

Мощность лампы обозначается в ваттах. Лампы могут также характеризоваться и световыми единицами —

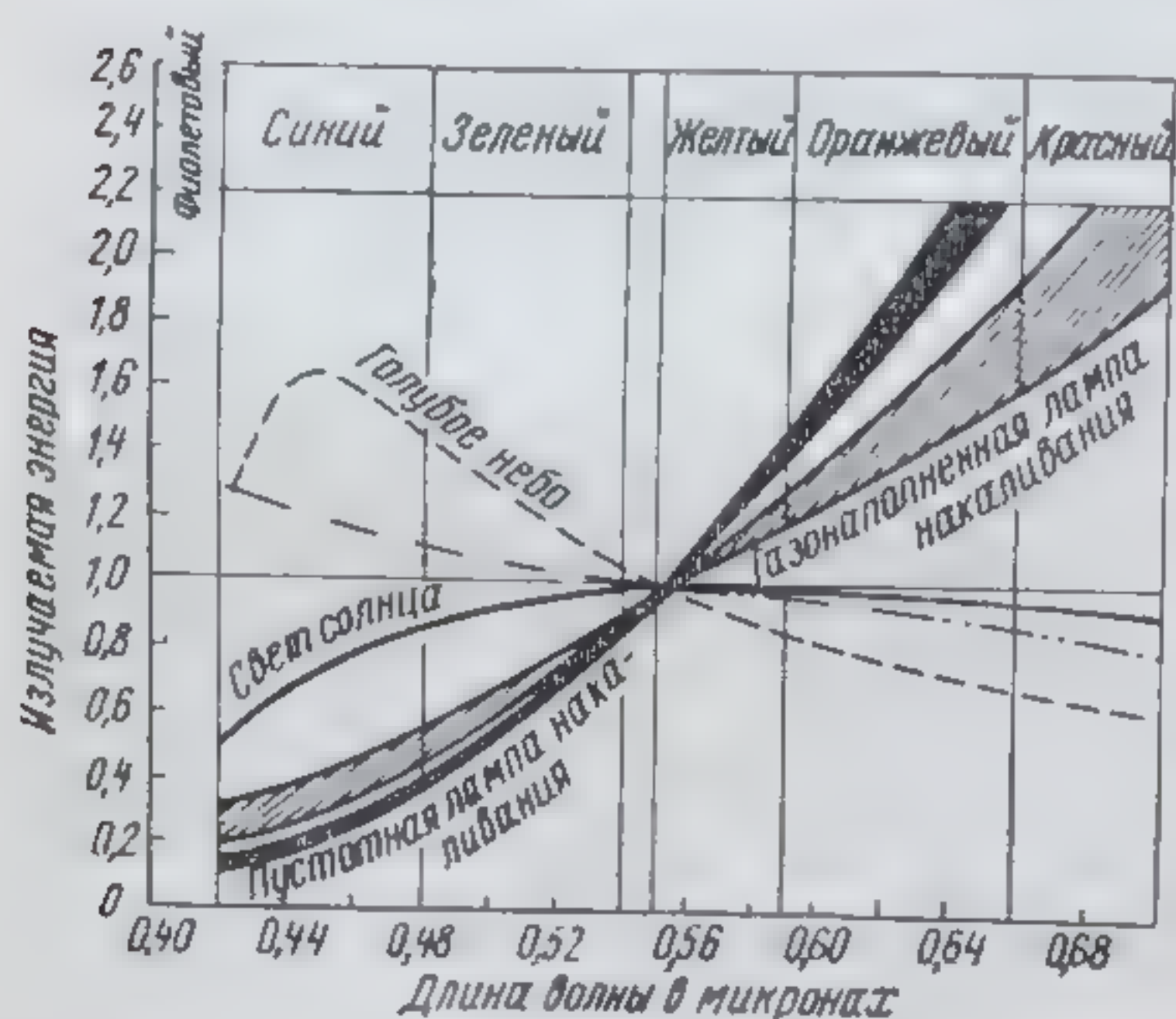


Рис. III—2. Сравнение света ламп накаливания и дневного света

визуально по сравнению с солнечным светом показано на рис. III—2.

У ламп накаливания значительно большая доля излучения падает на длинноволновую часть спектра.

Отечественная промышленность выпускает следующие виды ламп накаливания:

1. Нормальные осветительные лампы накаливания (НГ и НВ), рассчитанные на напряжения 100, 127, 135, 220 вольт. Лампы могут гореть при повышении напряжения не свыше 15% номинального, но с уменьшенным сроком службы. Лампы эти выпускаются мощностью от 15 до 1000 ватт, в прозрачной и матированной колбе.

Для некоторых ламп укажем режим для достижения цветовой температуры 3200° , необходимой для съемки на цветной пленке ЛН-2.

свечами или люменами. Лампы могут иметь резьбовые цоколи различного размера, или штифтовые цоколи различной конструкции.

По мере увеличения мощности лампы в спектральной характеристике излучения происходит сдвиг в сторону синих лучей.

Спектральное распределение излучения в видимой части спектра для ламп накали-

Обозначение (матрица)

НГ6	110	
НГ26	127	
НГ8	110	500
НГ28	127	300
НГ51	220	500
НГ53	220	

2. Лампы низкого напряжения (МО) применяются в кинопроекторах. Недопустимо бол- лампы рассчитыва- 3. В аппаратурах пользоваться авт- к сотрясениям. Э- 6 и 12 вольт и сил-

4. Кинопроекторных целей по следующим имеет форму мощностью и вы- ристики кинопрое-

Лампы эти дол- нии; при наклоне висание нити и ла- Лампы К14 и ла- ждения воздухом.

Кроме того, вы- ционные лампы. Э-

от 4 до 30 вольт; 5. Для осветите-

(ПЖ). Эти лампы щадки, резьбовые ми колбами — кру-

торные лампы обл- до 100 час., но дол-

клонением от верти-

5 Фотогр. и ф-

Обозначение	Напряжение (вольты)	Мощность (ватты)	Световой поток (люмены)	Срок горения (часы)	Цветовая температура	Режим для 3200° (вольты)	Срок горения (часы)
НГ6	110	300	4875	1000	2865 ± 55	142	50
НГ26	127	300	4875	1000	2865 ± 55	164	50
НГ8	110	500	8725	1000	2895 ± 55	139	60
НГ28	127	500	8725	1000	2895 ± 55	160,5	60
НГ51	220	300	4095	1000	2795 ± 45	Данные отсутствуют	
НГ53	220	500	7560	1000	2835 ± 50		

2. Лампы низкого напряжения для местного освещения (МО) применяются при работах в таких местах, где недопустимо большое напряжение (влажность). Эти лампы рассчитываются на напряжение 12 и 36 вольт.

3. В аппаратуре для осветителей широко могут использоваться автомобильные лампы (А), устойчивые к сотрясениям. Эти лампы рассчитаны на напряжение 6 и 12 вольт и силу света от 1 до 50 свечей.

4. Кинопроекционные лампы весьма удобны для многих целей по следующим причинам: светящееся тело в них имеет форму площадки; они обладают достаточной мощностью и высокой цветовой температурой. Характеристики кинопроекционных ламп даны на стр. 66.

Лампы эти должны гореть в вертикальном положении; при наклоне лампы, большем 15° , происходит провисание нити и лампа выходит из строя.

Лампы К14 и К15 требуют искусственного охлаждения воздухом. При помещении их в закрытой аппаратуре необходимо применять вентилятор.

Кроме того, выпускаются низковольтные кинопроекционные лампы. Эти лампы рассчитаны на напряжение от 4 до 30 вольт; мощность — от 3 до 400 ватт.

5. Для осветителей пригодны прожекторные лампы (ПЖ). Эти лампы имеют светящееся тело в виде площадки, резьбовые цоколи и выпускаются с различными колбами — круглыми и продолговатыми. Прожекторные лампы обладают продолжительностью горения до 100 час., но должны включаться цоколем вниз с отклонением от вертикального положения не более 15° .

Условное обозначение	Напряжение (вольты)	Мощность (ватты)	Световой поток (люмены)	Срок службы (часы)	Тип цоколя	Положение цоколя	Цветовая температура	Режим для 3200° (вольты)	Срок службы (часы)
К 12	110	300	6 450	50	Штифт	Вниз	3075 ± 70	120,5	20
К 14	110	500	11 000	30	Резьбовой	Вверх	3075 ± 70	119	12
К 15	110	750	17 250	30	»	»	3020 ± 75	116,5	12
К 18	127	300	6 450	50	Штифт	Вниз	3075 ± 70	139	20

Условное обозначение	Напряжение (вольты)	Мощность (ватты)	Световой поток (люмены)	Цветовая температура	Режим для 3200° (вольты)	Срок службы (часы)	Примечание
ПЖ 13	110	500	10500	3065 ± 76	121,0	35	Различная форма колбы
ПЖ 14	110	1000	22200	3095 ± 70	118,5	40	
ПЖ 43	110	1000	22200	3095 ± 70	118,5	40	
ПЖ 20	220	500	9800	3025 ± 70	249	20	
ПЖ 21	220	1000	21000	3065 ± 70	242	35	
ПЖ 44	220	1000	21000	3065 ± 70	242	35	

Прожекторные лампы используются в эпиднаскопах.

К этой же категории ламп относятся лампы для фар (ПЖ 25, 26, 27 и 61). Лампы эти рассчитаны на напряжение 24—26 вольт и имеют мощность 100—375 ватт. Срок службы ламп невелик — всего 5 часов, но они имеют большую яркость, так как горят в режиме перекала и обладают большой механической прочностью нити.

6. Лампы для самолетов (СМ) выпускаются различных габаритов, они рассчитаны на напряжение от 13 до 28 вольт; мощность — от 5 до 50 ватт.

7. Лампы для фотографии (СЦ) выпускаются с матированной колбой; они горят в режиме перекала, обладают высокой актиничностью, но в то же время и незначительным сроком службы. Характеристики этих ламп приведены ниже.

Условное обозначение	Напряжение (вольты)	Мощность (ватты)	Световой поток (люмены)	Срок службы (часы)	Цветовая температура
СЦ 50	127	275	8 800	2	3 475±110
СЦ 51	127	500	16 000	6	3 475±110
СЦ 52	220	275	8 800	2	3 385±100
СЦ 53	220	500	14 500	6	3 385±100

8. Для получения концентрированного пучка света пригодны лампы для подводного освещения. Колба у них посеребрена и является отражателем. Для выпуска пучка света в колбе оставлен непосеребренным небольшой участок.

9. Миниатюрные лампы (МН) рассчитаны для освещения шкал приборов. Эти лампы применяются для карманных фонарей и используются в некоторых приборах (опакиллюминаторы и др.).

Лампы эти имеют небольшой размер колбы и рассчитываются на напряжение от 1 до 26 вольт и силу тока от 0,075 до 0,8 ампера.

10. Лампы светоизмерительные, служащие в качестве эталона силы света, имеют специальную конструкцию нити и колбы. Лампы эти выпускаются для

напряжения 10 и 107 вольт; имеют силу света от 5 до 1000 свечей и мощность от 7,5 до 670 ватт. Лампы должны периодически проверяться в палате мер и весов.

11. Лампы — термоизлучатели (ЗС) значительную часть излучения отдают в крайней красной и инфракрасной части спектра. Эти лампы (ЗС 1, ЗС 2 и ЗС 3) рассчитаны на напряжение 127 и 200 вольт, мощность 250 или 500 ватт, срок горения 2000 часов. Внутренняя поверхность колбы покрыта серебряным слоем, служащим отражателем. Лампы применяются в качестве источника инфракрасных лучей и могут быть использованы для сушки.

12. Лампы для оптических приборов имеют разнообразные габариты, рассчитываются на напряжение от 2,5 до 12 вольт и имеют мощность от 4 до 100 ватт.

Лампа РЦ 61 (8 вольт 20 ватт), дающая световой поток 250 люменов со сроком горения 100 часов, используется в осветителях для микроскопа.

Точечные источники света

Условное обозначение	Напряжение (вольты)	Мощность (ватты)	Световой поток (люмены)	Срок службы (часы)
СГ 2	6	7,5	88	100
СЦ 75	4	4	40	100

Лампы СЦ 62 и 65 (12 вольт, 100 ватт, 1750 люменов, срок горения 75 часов), имеющие светящееся тело в виде спирали, навитой конусом, также могут применяться в качестве точечного источника света.

§ 4. Дуговые лампы

В настоящее время в связи с усовершенствованием ламп накаливания дуговые лампы в осветительной технике почти не применяются. В лабораторной практике они имеют ограниченное применение в виде источника

ультрафиолетового излучения. Дуговые источники света используются только в прожекторах и в киносъёмочной технике.

Дуговая лампа обладает интенсивным излучением в длинноволновой ультрафиолетовой, в красной и инфракрасной частях спектра.

Спокойное горение дуги достигается путем применения углей с сердцевинной из порошкообразного угля — так называемых фитильных углей.

Для улучшения спектральной характеристики излучения дуговой лампы применяются так называемые пламенные угли с примесью солей различных металлов.

Возможно образование дуги не только между угольными, но и металлическими электродами.

Применение пламенных углей дает возможность повысить световую отдачу по сравнению с чистыми углями в четыре раза.

Дуговые лампы с углями для специальных целей излучают большое количество энергии в области коротких волн, например, угли с фитилем, содержащим железо, используются для области 2300—3200 Å.

Дуговые лампы могут работать на переменном и на постоянном токе. Световая отдача дуг, работающих на постоянном токе, больше, чем на переменном.

Дуговые лампы требуют специальных устройств. Напряжение на электродах для большинства обычных дуговых ламп при переменном токе должно равняться 27—35 вольтам, а при постоянном токе — 35—40 вольтам. Поэтому для включения в сеть необходимо добавочное сопротивление — дроссель.

Во время горения дуги происходит сгорание углей. У дуг, работающих на переменном токе, оба угля сгорают равномерно, у дуг, работающих на постоянном токе, анодный уголь сгорает быстрее, чем катодный. Поэтому анодный уголь берут диаметром примерно в два раза большим, чем катодный. Для равномерного горения дуги необходимо, чтобы расстояние между электродами во время работы было одним и тем же. Для этого дуговые лампы снабжаются приспособлениями, обуславливающими сближение углей по мере их сгорания.

§ 5. Газосветные лампы

В лабораторной практике широко применяются газосветные лампы. В этих источниках света используется свечение газов или паров, возникающее при прохождении через них электрического тока.

Газосветные лампы представляют собою стеклянные или кварцевые колбы цилиндрической, сферической или какой-либо иной формы, в которые впаяны электроды. Колба заполнена газом под различным давлением, в ней могут также находиться и пары металлов.

В отличие от ламп накаливания газосветные лампы излучают линейчатый спектр. Спектральный состав излучения газосветных ламп зависит от того, какой газ или пары какого металла находятся в разрядном пространстве, и от условий электрического разряда (давление газа, сила тока, температура и пр.).

Газосветные лампы имеют падающую электрическую характеристику; по мере увеличения силы тока сопротивление лампы падает. Поэтому газосветные лампы обычно включают с активным или индуктивным сопротивлением — реостатом или дросселем.

Для зажигания газосветных ламп необходимо приложить значительно большее напряжение, чем нужно для горения.

Наиболее широкое распространение получили следующие лампы:

1. Газосветные трубки тлеющего разряда, в которых может использоваться или положительная, или отрицательная часть тлеющего разряда.

В первых используется свечение инертных газов: гелия, неона или аргона. Неон дает оранжево-красный свет, гелий — розовато-желтый свет; аргон с примесью ртути — синий свет. Такого рода лампы широко используются для целей рекламы; в лабораторной технике они не применяются, так как требуют высокого напряжения (1000—10 000 в).

Лампы тлеющего разряда с отрицательным свечением представляют собой стеклянную колбу с двумя электродами, заполненную разреженным инертным газом, в большинстве случаев неоном. Они применяются главным образом в качестве индикаторов напряжения

в различных
производится
няемое газосветных
можно привести
2. В лабораторной
газосветные лампы
таллов.

На первом месте
Спектральный
ртутных паров в
При давлении
лучения ртутной
характерных для
При давлении
чатый спектр на
ший из широких
вается сплошным
нансных линий во
При давлении
фона увеличивает
расширяется темн

резонансной линии
При давлении
тра излучения исч
ную полосу с тем
2600 Å, резким со
стка и размытым
Ртутные лампы
а) Ртутные лампы
ным катодом в н
до сих пор еще в
ческих лаборатор
Они представл
вакуума кварцевы
в лампах находят
тока) или один к
тока).

Включение лам
путем наклона или
рыва ртути происхо
гания заключается
зажигания.

в различных электрических схемах. Включение в сеть производится через балластное сопротивление, соединяемое последовательно с лампой. В качестве примера можно привести миниатюрную неоновую лампу МН-5.

2. В лабораторной технике чаще всего применяются газосветные лампы дугового разряда с парами металлов.

На первом месте следует поставить ртутные лампы.

Спектральный состав излучения зависит от давления ртутных паров в разрядном пространстве.

При давлениях, меньших 0,1 атмосферы, спектр излучения ртутной лампы состоит из отдельных линий, характерных для ртути.

При давлении ртутных паров около 1 атм на линейчатый спектр начинает накладываться спектр, состоящий из широких полос; линейчатый спектр перекрывается сплошным фоном; начинается обращение резонансных линий вследствие их самопоглощения.

При давлениях около 20 атм яркость сплошного фона увеличивается, сглаживаются сплошные линии и расширяется темный промежуток в области поглощения резонансной линии 2537 \AA .

При давлениях 120 атм линейчатая структура спектра излучения исчезает и спектр превращается в сплошную полосу с темным пространством в пределах $2537—2600 \text{ \AA}$, резким со стороны более коротковолнового участка и размытым со стороны длинноволнового.

Ртутные лампы применяются следующих видов:

а) Ртутные лампы низкого давления с жидким ртутным катодом в настоящее время не производятся, но до сих пор еще встречаются в некоторых криминалистических лабораториях.

Они представляют собою откачанные до высокого вакуума кварцевые трубки, содержащие жидкую ртуть; в лампах находятся два электрода (для постоянного тока) или один катод и два анода (для переменного тока).

Включение лампы производится замыканием ртути путем наклона или сотрясения лампы — в момент разрыва ртути происходит зажигание. Другой способ зажигания заключается в повышении напряжения в момент зажигания.

Начальный пусковой ток превышает установившийся на 40—50%; процесс стабилизации режима заканчивается в 2—5 минут.

В ртутных лампах низкого давления с кварцевой колбой распределение энергии может быть представлено следующим соотношением:

Область спектра	Интервал длин волны в Å	Относительное количество энергии
Ультрафиолетовая	2537—3663	70,6
Видимая	4047—5790	24,5
Инфракрасная	10140	4,9

Срок службы лампы достигает нескольких тысяч часов.

б) Ртутные лампы низкого давления, наполненные аргоном и ртутью.

Люминесцентные лампы с парами ртути низкого давления представляют собою стеклянные трубки с самокалящимися электродами. Трубки заполнены аргоном под давлением 4 мм ртутного столба; давление паров ртути в трубках 10—12 мм ртутного столба.

Падение напряжения на электродах 18 вольт. Оптимальная температура стенок лампы для горения 40—50°. При температуре ниже 10° лампа не зажигается.

При электрическом разряде в такой трубке 60% мощности падает на излучение в коротковолновой ультрафиолетовой области на линии ртутного спектра 253,7 и 185 мкм, которые задерживаются стеклом трубки. На стенках трубки находится слой люминофора, который светится под влиянием излучения ртутного разряда. Люминесцентные лампы выпускаются для напряжения 127 вольт мощностью 8, 12, 15 и 20 ватт, для напряжения 220 вольт мощностью 30 и 40 ватт.

Люминесцентные лампы выпускаются следующих типов — ДС (дневного света), БС (белого света) и ТБ (тепло-белого света). Цветовая температура ламп дневного света равна 6750° абсолютной шкалы, ламп белого света — 3500°.

Послед
Для за
щиеся эд
электрич
лампа за
крашен.
специальн

Для л
ДБС — д
Лампы

стекла, д
ультрафи

ми и пр
цине и в

в) Рт

со стекла

Ртутн

стекляно

«ИГАР».

Харак

Харак

Мощность

Напряжени

Зажигание

Ток (ампер

» »

ние . . .

Световой п

Время разг

Диаметр ла

Длина с цо

Лампы

ком света

Ртутн

имеют кв

или прям

стоящее в

лаборатор

Последовательно с лампой включается дроссель.

Для зажигания лампы в ней находятся самокалящиеся электроды. Подогрев достигается пропусканием электрического тока через электроды; после того, как лампа загорится, нагрев электродов должен быть прекращен. Для пуска люминесцентных ламп существует специальное приспособление — стартер.

Для люминесцентных ламп применяются дроссели: ДБС — для лампы 8 ватт и КВМ — для всех иных.

Лампы низкого давления с колбой из увиолевого стекла, дающие излучение, богатое коротковолновыми ультрафиолетовыми лучами, называются бактерицидными и применяются для уничтожения бактерий в медицине и в санитарной технике.

в) Ртутные лампы высокого давления выпускаются со стеклянной и кварцевой колбой.

Ртутные газосветные лампы высокого давления со стеклянной колбой выпускаются под названием «ИГАР».

Характеристики ламп «ИГАР» следующие:

Характеристика лампы	«Игар 4»	«Игар 3»	«Игар 2»
Мощность ватт	251	438	540
Напряжение в лампе	125	125	125
Зажигание (вольты)	180	180	180
Ток (ампер) — рабочий режим . .	2,2	3,52	4,4
» » » включение	4,0—4,25	5,6—6,2	7,5—8,2
Световой поток (люмены)	7 000	14 000	16 000
Время разгорания (минуты) . . .	3—8	3—8	3—8
Диаметр лампы (мм)	37	39	41
Длина с цоколем (мм)	232	280	330

Лампы эти являются весьма экономичным источником света.

Ртутные газосветные лампы с кварцевой колбой имеют кварцевую трубку дугообразной (лампы АРК) или прямолинейной формы (ПРК). Лампы АРК в настоящее время не выпускаются, но еще встречаются в лабораториях (см. рис. III — 3).

Эти лампы имеют следующие электрические параметры:

Тип лампы	Напряжение сети (вольты)	Пусковой ток лампы (амперы)	Продолжительность режима зажигания (минуты)	Установившийся режим		
				Сила тока (амперы)	Напряжение лампы (вольты)	Мощность (ватты)
ПРК-2	220	6	15	$3,75 \pm 0,25$	120 ± 6	375 ± 13
ПРК-4	127 (120)	15	10	$3,75 \pm 0,3$	70 ± 5	220 ± 8
ПРК-5	220	4,2	15	$2,3 \pm 0,15$	120 ± 6	240 ± 11
ПРК-7	220	14	10	$8,05 \pm 0,5$	135 ± 6	1000 ± 40

Длина лампы ПРК-2 — 265 мм; ПРК-4 — 173 мм.

Данные об излучении лампы ПРК в относительных единицах представлены в следующей таблице:

Длина волны Å	Среднее значение энергии
2483	10,5
2537	26,1
2652	23,4
2804	10,3
2967	14,3
3022/26	31,2
3126/32	68,0
3650/63	100
4047/78	35,9
4358	62,4
5461	71,75
5770/90	70,4

Для включения ламп ПРК-2 и ПРК-4 в сеть применяется нормализованные приборы включения.

Включение ламп может быть произведено без специального прибора по схеме, представленной на рис. III—4.

Обозначения на рисунке: А — лампа ПРК, В — конденсаторная полоса, С₁ — конденсатор емкостью

0,003—0,0003
Сз — конденсатор
пряжения

лампы ПРК-4
лампы К —
6 ом — для

0,003—0,0005 мкф, C_2 — конденсатор емкостью 2—3 мкф, C_3 — конденсатор, рассчитанный на испытательное напряжение не менее 1500 вольт, емкостью 0,05 мкф для

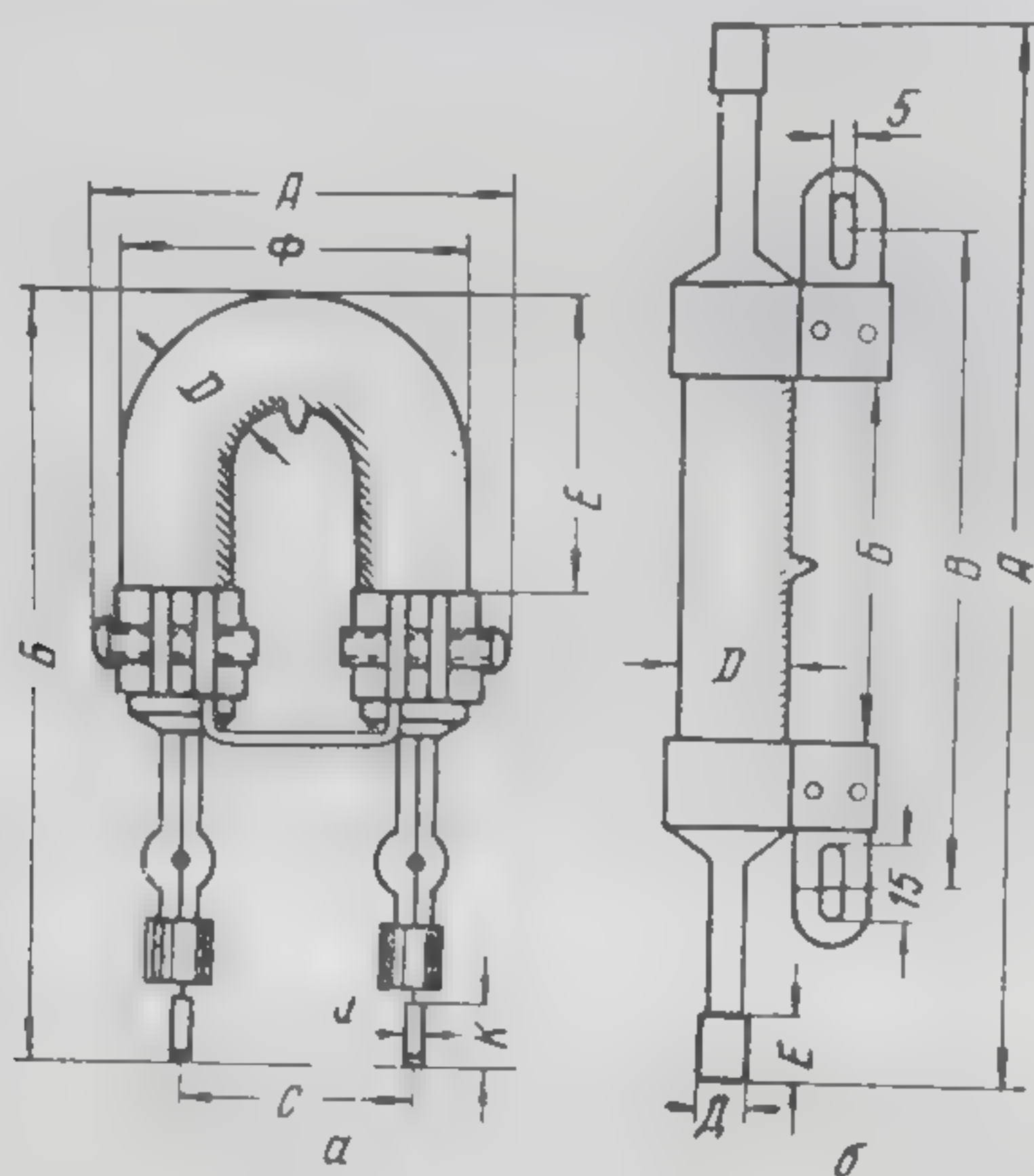


Рис. III—3. Лампы АРК и ПРК

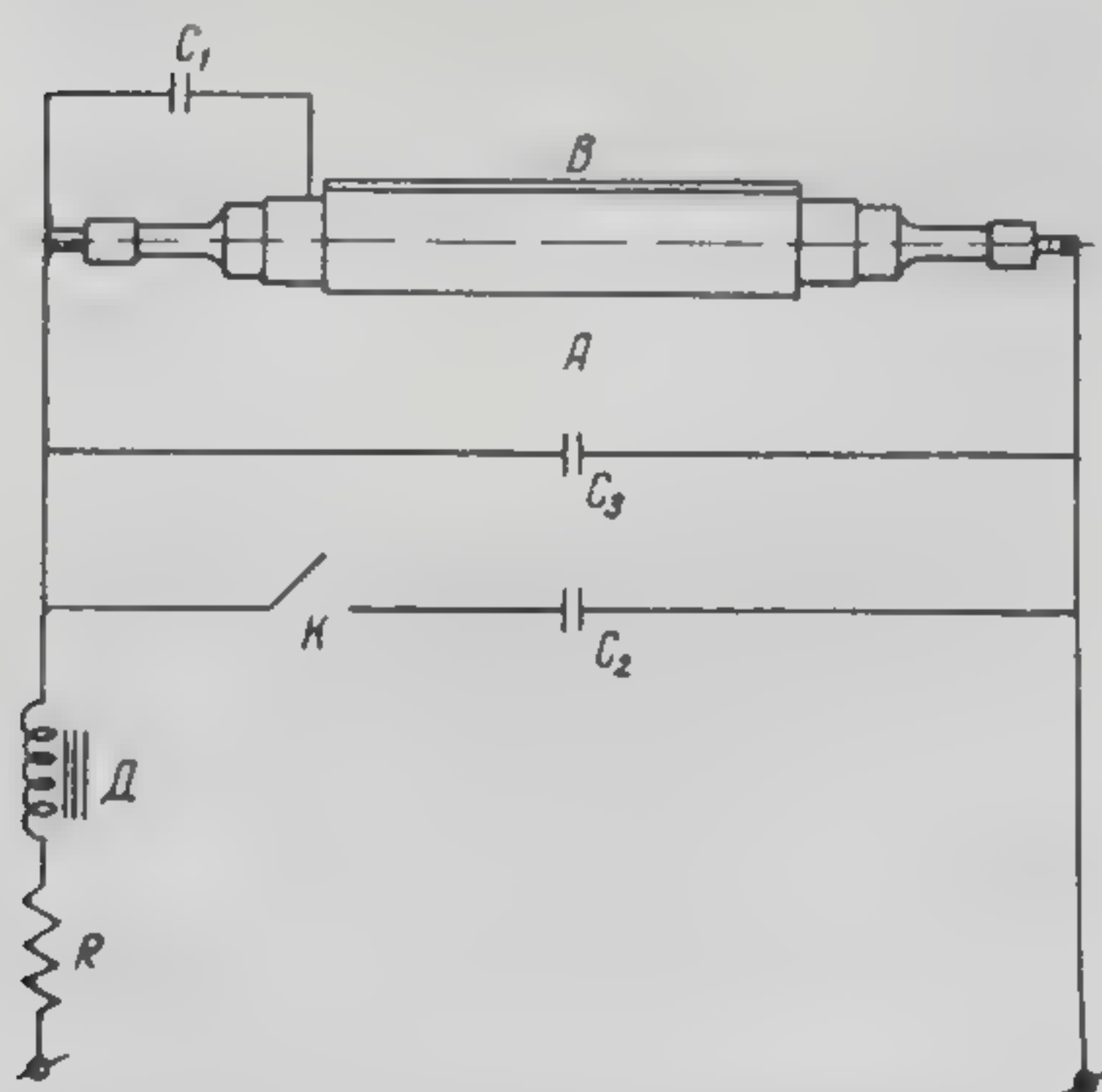


Рис. III—4. Схема включения лампы ПРК

ламп ПРК-4 и 0,005—0,007 мкф для остальных типов ламп, K — кнопка, D — дроссель, R — сопротивление 6 ом — для ламп ПРК-4 и 11 ом — для остальных ламп.

Для зажигания лампы служит конденсаторная полоса. Выключение лампы производится быстрым замыканием кнопки «К».

Лампы ПРК и АРК выпускаются в следующем оформлении:

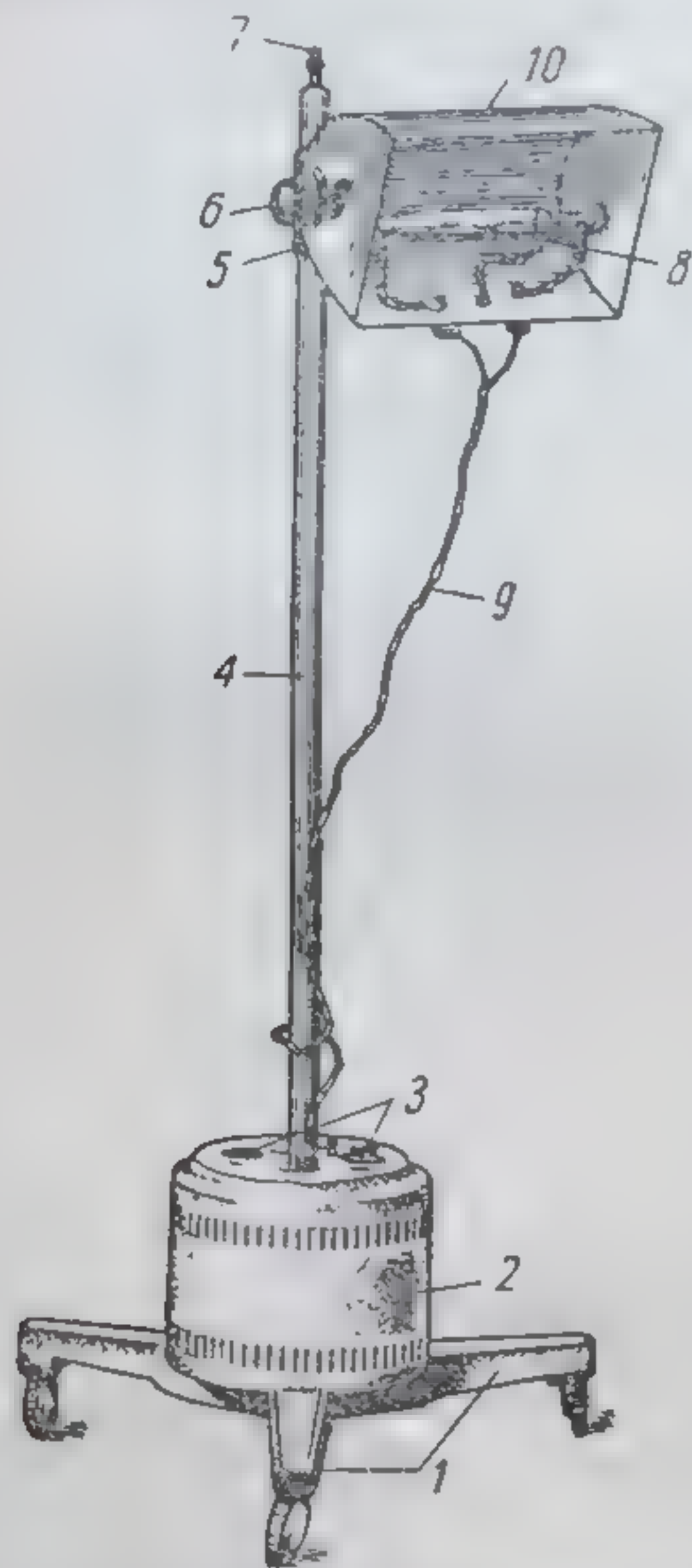


Рис. III—5. Стационарная лампа

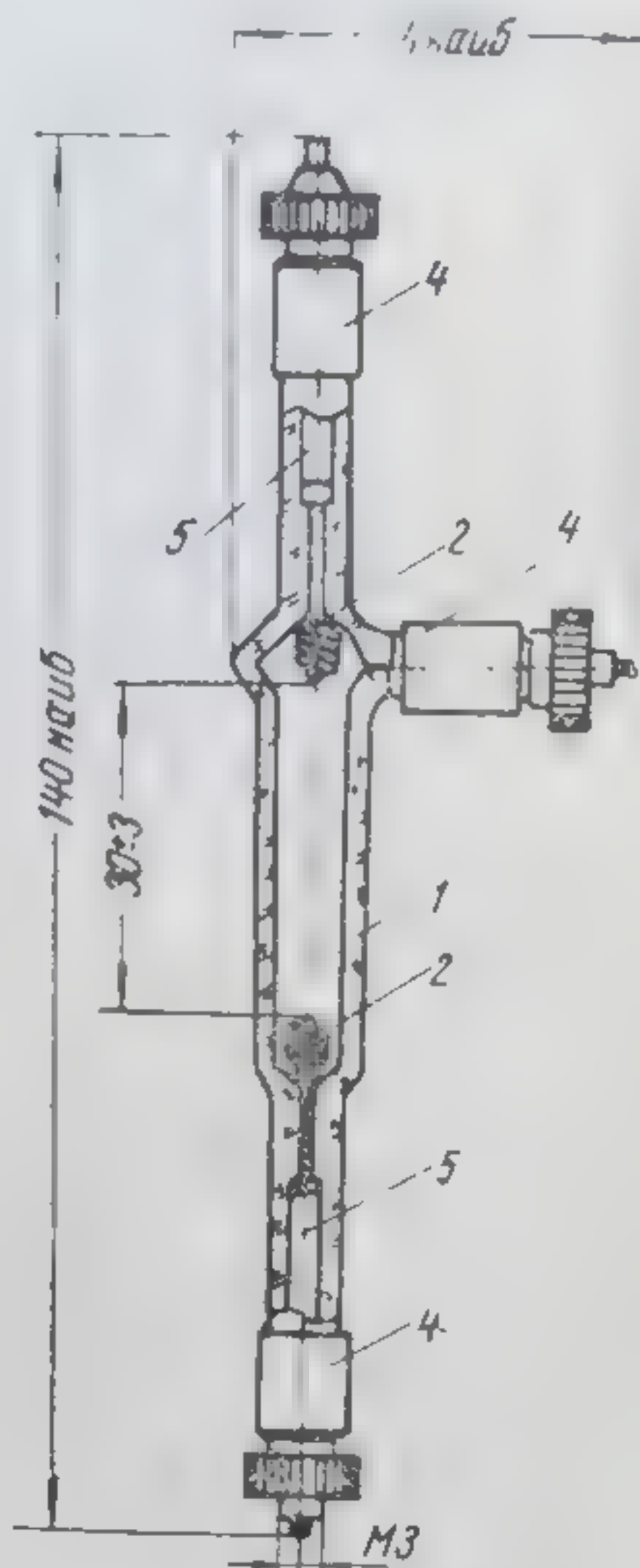


Рис. III—6. Лампа СВД-120 А

В стационарных лампах для горелки АРК рефлектор имеет круглую форму, для горелок ПРК — прямоугольную. Эти лампы представлены на рис. III — 5.

Портативные лампы, рассчитанные на горелки АРК, имеют круглый рефлектор и в настоящее время не выпускаются. Другой тип портативной лампы имеет прямоугольный рефлектор и рассчитан на горелки ПРК.

г) Ртутные лампы сверхвысокого давления с парами ртути. По мере увеличения давления увеличиваются яркость лампы и ее световая отдача, а также улуч-

шается цветность ламп в смысле приближения к дневному свету. Лампы сверхвысокого давления дают излучение, цвет которого приближается к белому.

Ртутные лампы сверхвысокого давления отечественного производства выпускаются следующих типов:

1) Лампа СВД-120А с кварцевой колбой. Это лампы малой мощности трубчатой формы с естественным охлаждением (см. рис. III — 6).

Характеристики лампы следующие (рабочий режим).

Мощность	120 ватт
Напряжение на лампе	125 вольт
Ток лампы	1,1 А
Световой поток	4200 люмен
Давление паров	10—5 атм

Распределение энергии по спектру для лампы СВД-120 представлено на рис. III — 7. На этом рисунке заштрихованной частью показан спектр излучения лампы СВД-120 со стеклянной колбой.

2) Лампа СВДШ-250 средней мощности шарообразной формы с естественным охлаждением (см. рис. III — 8).

Электрическая характеристика лампы следующая:

Мощность	250 ватт
Напряжение	65—78 вольт
Напряжение зажигания	120—150 вольт
Ток лампы	3,7—4,4 ампера
Ток при включении	7,3 ампера
Световой поток	11 500 люмен
Время разогрева	5—8 минут
Давление паров ртути	30—35 атм

Спектральные характеристики излучения ламп СВДШ 250-3 и СВДШ-1000М представлены на рис. III — 9.

3) Лампа СВДШ-1000М состоит из кварцевой разрядной трубки.

Характеристика лампы СВДШ-1000М:

Мощность	1000 ватт
Напряжение	75—105 вольт
Ток	12 ампер
Световой поток	50 000 люмен

Лампы «СВДШ» теперь именуются «ДРШ».

Вышеописанные лампы требуют включения дополнительного сопротивления и пусковых устройств по схеме, изображенной на рис. III — 10.

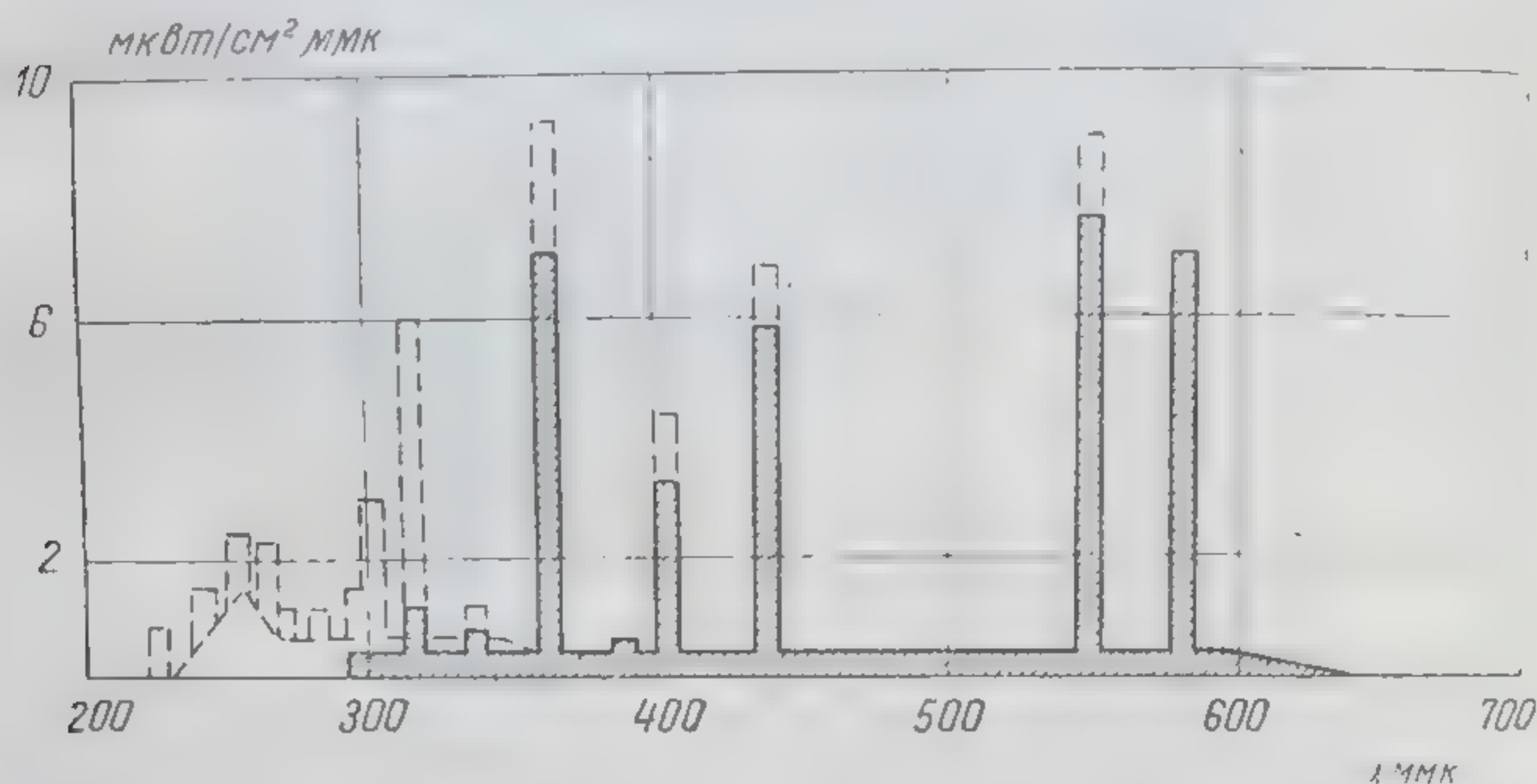


Рис. III—7. Распределение энергии в излучении лампы СВД-120 А

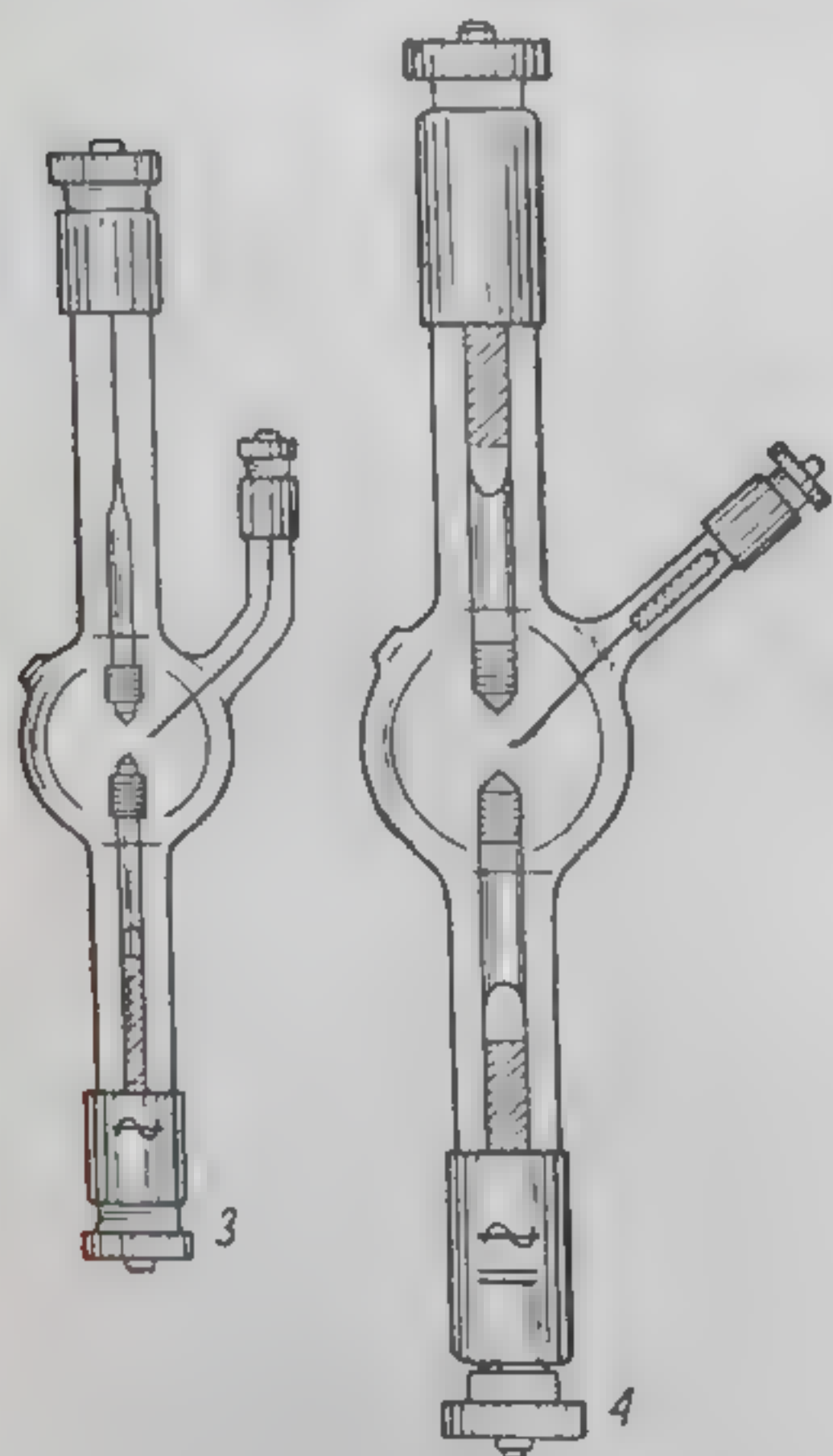


Рис. III—8. Лампа СВДШ-250 и 500

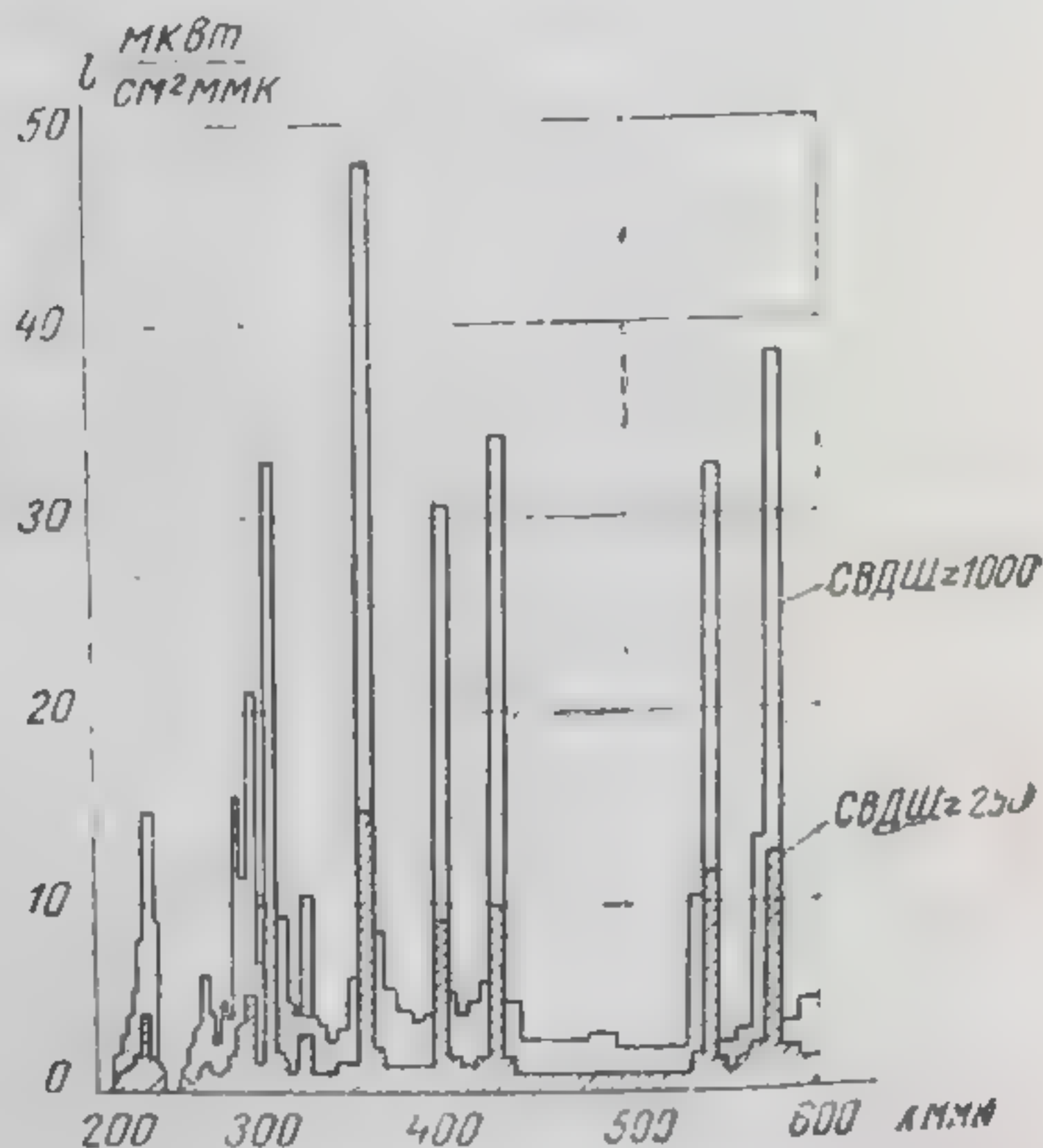


Рис. III—9. Распределение энергии в излучении лампы СВДШ-250 и СВДШ-1000

Для зажигания этих ламп можно применять также индукционные катушки, автомобильные магнето и конденсаторные устройства, подключаемые к электроду для зажигания.

Кроме источников света с парами ртути, применяются также источники света с парами металлов натрия, кадмия, цинка, калия, рубидия и цезия. Наибольшее значение для лабораторной практики могут иметь лампы с парами натрия, кадмия и цезия.

Лампы низкого давления с парами натрия позволяют получить монохроматическое желтое излучение в

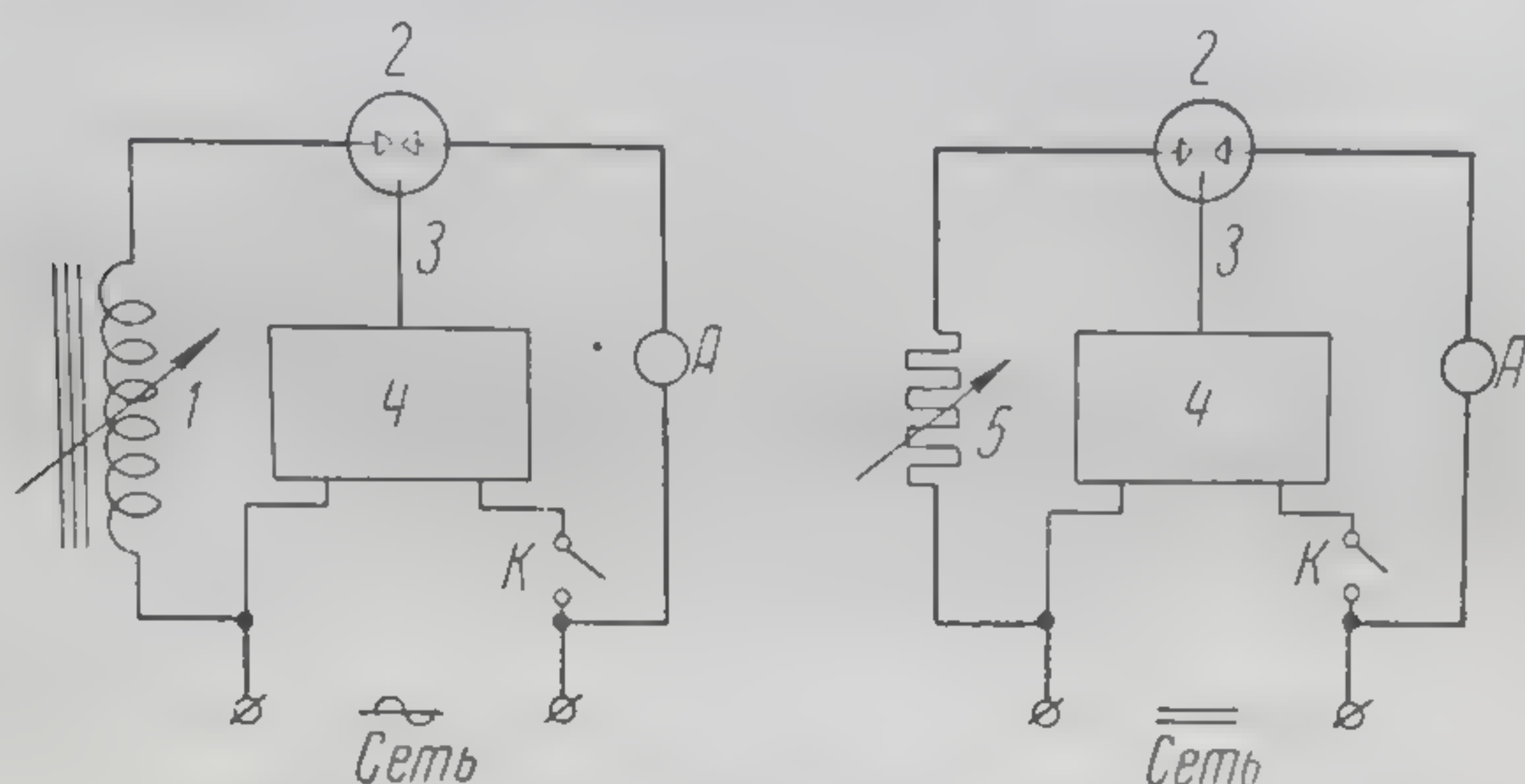


Рис. III—10. Включение лампы СВДШ-250

области резонансных линий с длиной волны $5890—5896 \text{ \AA}$.

Спектр кадмиевой (КК — I) лампы богат линиями в видимой, инфракрасной и ультрафиолетовой частях спектра. Относительное распределение энергии в различных частях спектра зависит от давления паров кадмия: при увеличении давления спектр перекрывается сплошным фоном.

Лампы с парами цезия дают большой выход резонансных линий 8541 и 8943 \AA , лежащих в инфракрасной области спектра. Выход этих линий может достигать 90% по отношению ко всей энергии, излучаемой в видимой и инфракрасной части спектра.

§ 6. Импульсные лампы

В импульсных лампах используется искровой разряд в инертных газах, дающий излучение со сплошным спектром и цветовой температурой, близкой цветовой температуре среднего солнечного света. Импульсные

лампы представляют собой трубки, наполненные инертным газом, криптоном или ксеноном с двумя токоведущими электродами. На трубке снаружи находится электрод зажигания — отрезок проволоки или полоса токопроводящей мастики.

Разряд лампы происходит при действии мощного источника тока (электролитического конденсатора, накопившего электрический заряд) при одновременной подаче на электрод зажигания маломощного высоковольтного импульса от импульсного трансформатора. В результате разряда происходит интенсивная световая

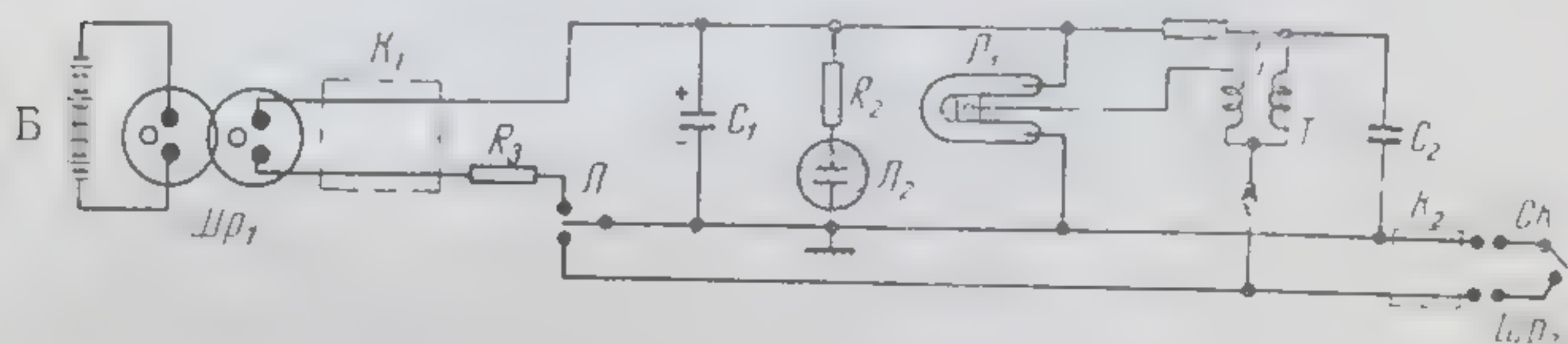


Рис. III—11. Электросхема ЭВ-1

вспышка с очень небольшой длительностью. Напряжение на источнике тока снижается до нескольких десятков вольт, в результате чего лампа гаснет. Схема включения импульсной лампы представлена на рис. III—11, где B — источник постоянного тока, например, сухая батарея, CK — синхро-контакт аппарата, C_1 — конденсатор питания искрового разряда, L — импульсная лампа, L_2 — индикаторная лампа, T — импульсный трансформатор зажигания (бобина), C_2 — конденсатор питания импульсного трансформатора. При включении выключателя в конденсаторы C_1 и C_2 заряжаются, лампа готова к вспышке. Для того чтобы произошла вспышка, замыкается контакт CK , конденсатор C_2 разряжается через первичную обмотку импульсного трансформатора T , со вторичной обмотки которого на электрод зажигания лампы подается кратковременный маломощный импульс высокого напряжения, который зажигает искровой разряд между анодом и катодом, питаемыми конденсатором C_1 . Лампа гаснет после разряда этого конденсатора; лампа готова к очередной вспышке после того, как конденсаторы C_1 и C_2 будут заряжены.

Импульс
Наименование
буква «И» —
«Ф» или «С»
лампы с инт
лее, и «С»
интервалам
Третья
натная для
прямая для
кольца для
Стробос
третью бук
Число
чению энер
ламп) или
боскопичес
Малые
ляют собор
целей. Сре
Лампа ИФ
ния. Чем м
ность всп
0,2 м/сек д
Длительн
ной трубки
Фотоосв
пами состо
линзы и пи
Питание
ной (галет
тока через
имеющего
Для об
используют
вание и
фонарей.
Вспышк
затвором ф
время мног
контактами.
Импульс
длительност
6 Фотогр. и

Импульсные лампы выпускаются различных видов. Наименование ламп составляется из трех букв: первая буква «И» — означает импульсная лампа, вторая буква «Ф» или «С»; буква «Ф» обозначает фотографические лампы с интервалами между вспышками от 1 сек. и более, и «С» — стробоскопические лампы с очень малыми интервалами между вспышками.

Третья буква для осветительных ламп: «К» — комнатная для помещения в корпусе отражателя, «П» — прямая для цилиндрической оптики и «Б» — в форме кольца для помещения на объективе фотоаппарата.

Стробоскопические лампы имеют в обозначении третью букву «Т» — трубчатая или «Ш» — шаровая.

Число после букв соответствует номинальному значению энергии вспышки в дж (для фотоосветительных ламп) или средней электрической мощности (для стробоскопических ламп).

Малые лампы ИФК-20, ИФК-50, ИФК-120 представляют собою маломощные лампы для фотографических целей. Средние лампы — ИФП-200, 500, 1500 и 4000. Лампа ИФБ-300 применяется для бестеневого освещения. Чем меньше мощность лампы, тем меньше длительность вспышки, например, для ИФК-20 она равна 0,2 м/сек для ИФК-100 — 1,2 м/сек и т. д.

Длительность вспышки зависит от размеров разрядной трубки и емкости питающего лампу конденсатора.

Фотоосветительные устройства с импульсными лампами состоят из собственно лампы, отражателя или линзы и питающего агрегата.

Питание лампы может производиться от высоковольтной (галетной) батареи, аккумулятора, сети переменного тока через выпрямитель и от специального генератора, имеющего ручной привод.

Для обычных фотографических целей чаще всего используют сухие батареи; возможно также пользование и низковольтными батареями от карманных фонарей.

Вспышка лампы должна быть синхронизирована с затвором фотоаппарата. Для этой цели в настоящее время многие затворы снабжаются синхронизирующими контактами.

Импульсные лампы зажигаются мгновенно. Так как длительность вспышки ламп близка к 1/1000 сек., при

шторных затворах выдержка должна быть такова, чтобы затвор открывал одновременно весь кадр ($\frac{1}{25}$ сек). Съемка аппаратами с центральным затвором и синхронным контактом может производиться с любой выдержкой.

Для определения экспозиции при освещении импульсными лампами получили применение так называемые ведущие числа, позволяющие обойтись без таблиц или сложных вычислений.

При делении ведущего числа, характеризующего данную лампу-вспышку, на расстояние между лампой и объектом съемки, получают число, обозначающее диафрагму объектива, которую следует применить.

Ведущее число действительно только для определенного светочувствительного материала; при переходе к материалу с иной светочувствительностью необходим простой пересчет.

Ведущие числа для лампы ИФК-120:

Светочувствительность в единицах ГОСТ	45	65	90	130	180	250	350
Ведущее число	35	40	50	60	70	80	100

Для лампы ИФК-50 ведущее число при светочувствительности 130 ед. ГОСТ равно 28.

ЛИТЕРАТУРА

В. Е. Симофорова, Общее исследование натурального освещения, Гизлегпром, 1932.

Под ред. Е. М. Голдовского, «Цветная кинематография», М., 1955.

Под ред. Е. М. Голдовского, «Киносъемочная техника», Госкиноиздат, 1952.

Д. И. Иванов, Электрические источники света, М., 1955. «Каталог электроламп», М., 1953.

«Каталог люминесцентных ламп», М., 1953.

Н. М. Ливенцев, Электромедицинская аппаратура, М., 1955.

«Справочная книга по светотехнике», М., 1956.

И. Маршак, «Советское фото», 1958, № 1, стр. 30.

Д. Бунимович, «Советское фото», 1958, № 10, стр. 52.

Н. А. Селиванов, «Советская криминалистика на службе следствия», вып. 9, М., 1957.

Под ред. Г. М. Франка «Ультрафиолетовое излучение», Медгиз, 1958.

Часть вторая

ФОТОГРАФИЧЕСКОЕ
ВОСПРОИЗВЕДЕНИЕ
В ЧЕРНО-БЕЛОМ
ИЗОБРАЖЕНИИ

Общие св
фического мате
ботки снимка н
ствах материал

Основными
разные сорта с

1. Общая св
ность фотограф
свету определе
ствительность в
циональной кол
проявления) оп

2. Спектраль
тельность фотог
излучениям раз

3. Фотографи
зиций, в предел
пропорциональн
объекта.

4. Контрастн
костные различ
ницами почернен

5. Плотность
неподвергавшихс
условиях проявле

6. Максималь
оптическая плотн
ления.

Глава IV

СЕНСИТОМЕТРИЯ

Общие сведения. Правильный выбор фотографического материала, условий съемки и метода обработки снимка невозможен без точных сведений о свойствах материалов.

Основными свойствами, по которым различаются разные сорта фотографических материалов, являются:

1. Общая светочувствительность S , т. е. чувствительность фотографического слоя по отношению к белому свету определенного спектрального состава; светочувствительность выражается величиной, обратно пропорциональной количеству освещения, создающему (после проявления) определенный фотографический эффект.

2. Спектральная чувствительность S_s , т. е. чувствительность фотографического слоя к монохроматическим излучениям различных длин волн.

3. Фотографическая широта L , т. е. интервал экспозиций, в пределах которого данным слоем может быть пропорционально передано соотношение яркостей объекта.

4. Контрастность — способность слоя передавать яркостные различия объекта большими или меньшими разницами почернений.

5. Плотность вуали D_0 , т. е. оптическая плотность неподвергавшихся засветке участков слоя при данных условиях проявления.

6. Максимальная плотность D_{\max} , т. е. наибольшая оптическая плотность слоя при данных условиях проявления.

7. Разрешающая способность, т. е. способность фотографического слоя к воспроизведению очень малых деталей объекта.

Количественное выражение таких свойств фотографических материалов, как общая светочувствительность, контрастность, фотографическая широта, максимальная плотность, может быть получено при помощи сенситометрического метода исследования. Этим же методом пользуются для изучения свойств проявителей и для испытания различных способов изменения контрастов готового фотографического изображения (ослабления, усиления).

Принцип сенситометрического метода исследования заключается в следующем: светочувствительный слой (пластинки, пленки) подвергается ряду равномерно увеличивающихся экспозиций. В качестве модулятора экспозиции может быть использован либо оптический нейтрально-серый клин, т. е. пластинка с постепенно увеличивающейся от одного края к другому нейтрально-серой окраской (шкала освещенности), либо вращающийся диск с определенным образом вырезанными отверстиями (шкала времени). Испытуемый светочувствительный слой, помещенный позади клина или диска на определенном расстоянии от стандартного источника света, экспонируется в течение строго определенного времени, проявляется в стандартном проявителе, затем фиксируется и промывается. В результате на пластинке или пленке оказывается ряд плотностей, либо непрерывно увеличивающихся, если был применен непрерывный клин, либо расположенных в виде отдельных полей, если был применен вращающийся диск или ступенчатый клин. Пластинка, на которой имеется ряд плотностей, полученных в результате определенных экспозиций, называется сенситограммой. Если испытывается проявитель, то для изготовления сенситограммы используется пластинка или пленка, свойства которой уже определены при стандартном проявлении. Плотности готовой сенситограммы измеряются, и на основании полученных данных строится характеристическая кривая, по которой определяются основные свойства испытуемого материала или проявителя.

Сенситометры. Существуют различные сенситометрические системы, использующие либо шкалу освещенности, либо шкалу времени.

Классическим сенситометром шкалы времени с использованием вращающегося диска является сенситометр Хертера и Дриффильда. В первоначальном виде диск «Х и Д» имел 9 вырезов в виде секторов, из которых наибольший равнялся 180° , а наименьший — $0,703^\circ$; отношение смежных вырезов равно $1:2$, а крайних — $1:256$. На рис. IV—1 представлен диск «Х и Д» и получаемая с его помощью сенситограмма. Впоследствии количество вырезов в диске было увеличено до 18; углы соседних вырезов в 18-польном диске относятся друг к другу как $1:\sqrt{2}$, а крайних как $1:362$.

Условия экспонирования в сенситометре «Х и Д», как и в любом ином сенситометре со шкалой времени, не соответствуют практическим условиям, так как при обычной съемке вся поверхность экспонируемого слоя освещается одно и то же время, а изображение образуется в результате различной яркости разных участков объекта. Эта сенситометрическая система была принята у нас до 1950 года.

Требованиям практики более отвечают модуляторы экспозиции в виде оптического клина.

Оптический клин может быть непрерывным, т. е. с постепенно увеличивающейся плотностью, либо ступенчатым. Схема сенситограмм представлена на рис. IV—2.

С 1951 года в СССР принята сенситометрическая система ГОСТ, использующая в качестве модулятора экспозиции ступенчатый оптический клин. Ступенчатый клин состоит из 21 поля, константа его (разность плотностей каждых двух смежных полей) равна 0,15. Таким образом, клин обеспечивает интервал экспозиций около $1:1000$. В качестве источника света используется лампа накаливания со светофильтром дневного света.

Проявление сенситограмм. Проявление экспонированных в сенситометре пластинок производится в сенситометрическом проявителе № 1, используемом обычно для проявления пластинок.

Проявление сенситограмм производится в термостате при температуре 20° , при постоянном перемешивании проявителя.

Измерение оптической плотности. После фиксирования, промывки и высушивания сенситограммы производится измерение оптических плотностей всех ее

полей. Оптической плотностью называется десятичный логарифм величины, обратной коэффициенту пропускания:

$$D = \lg \frac{1}{\tau},$$

а коэффициент пропускания τ представляет собой отношение светового потока, прошедшего через почернение фотографического слоя (на прозрачной подложке), к световому потоку, падающему на него:

$$\tau = \frac{F}{F_0}$$

Определяемая в результате измерения величина оптической плотности зависит от того, производилось ли измерение в направленном или рассеянном свете. При измерении плотностей в направленном свете получаемые значения в очень большой степени зависят от размеров серебряных зерен проявленного изображения. Поэтому для получения сравнимых результатов измерения плотностей производится только в рассеянном свете. Прибор, при помощи которого производится измерение плотностей, называется денситометром.

Принцип действия денситометра заключается в следующем: излучаемый осветителем пучок света разделяется на два одинаковых по интенсивности потока, из которых один проходит через испытуемый участок (поле сенситограммы), а второй через небольшой участок непрерывного оптического клина прибора. С помощью оптической системы оба световых потока собираются каждый в половину небольшого поля, наблюдаемого в окуляр. Оптический клин передвигается до тех пор, пока различие в яркости обеих половин поля исчезает. Это значит, что измеряемая плотность равна плотности данного участка клина, которая читается на шкале прибора. Таким образом, последовательно измеряются все плотности сенситограммы.

Применяются также фотоэлектрические денситометры. Световой пучок лампы такого прибора, прошедший сквозь измеряемую плотность, попадает на фотоэлемент, соединенный с чувствительным гальванометром; по отклонениям стрелки гальванометра тем большим, чем больше света прошло сквозь поле сенситограммы и попало на фотоэлемент, т. е. чем меньше величина его

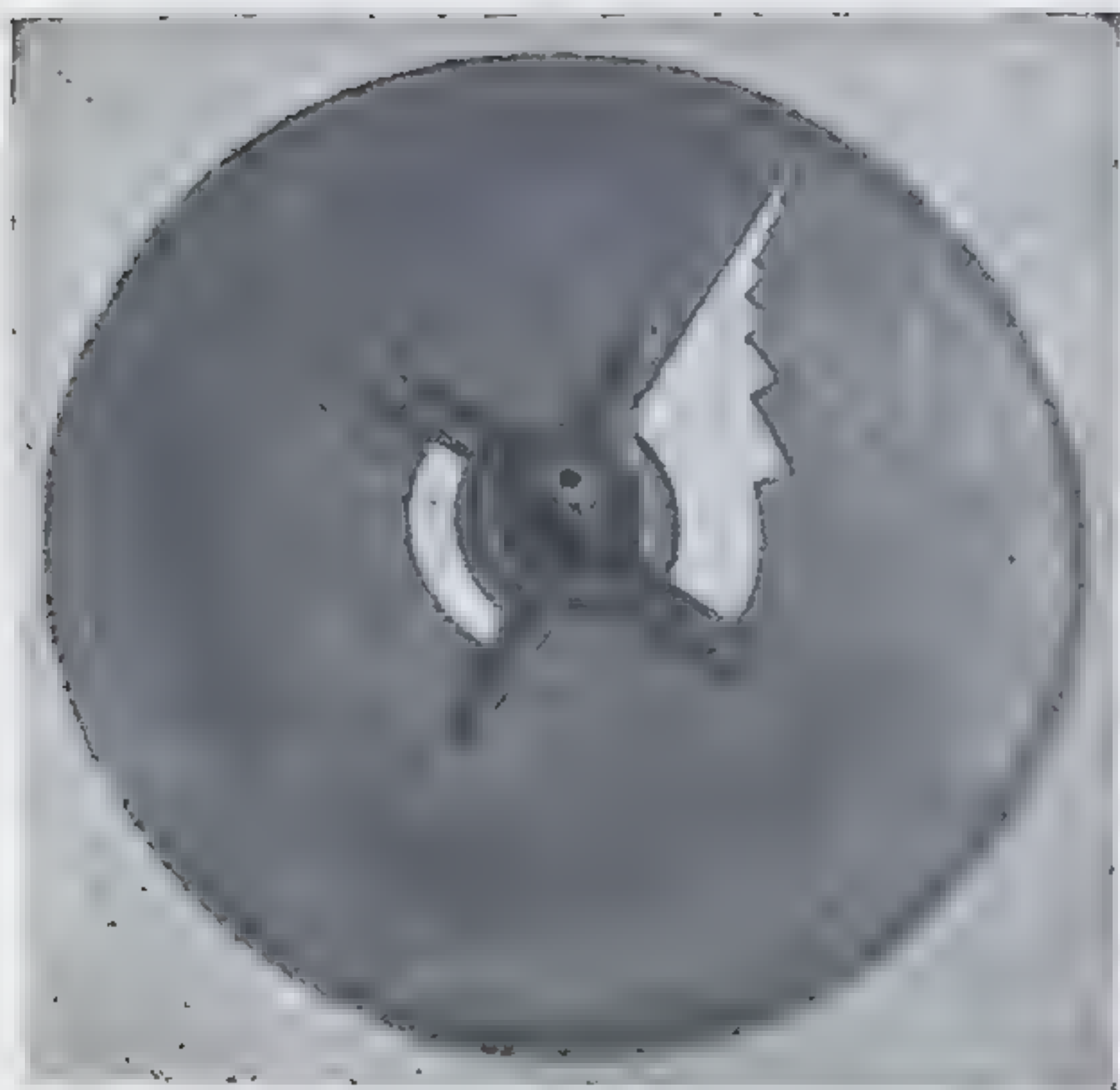


Рис. IV—I



Рис. IV—2



Рис. IV—12

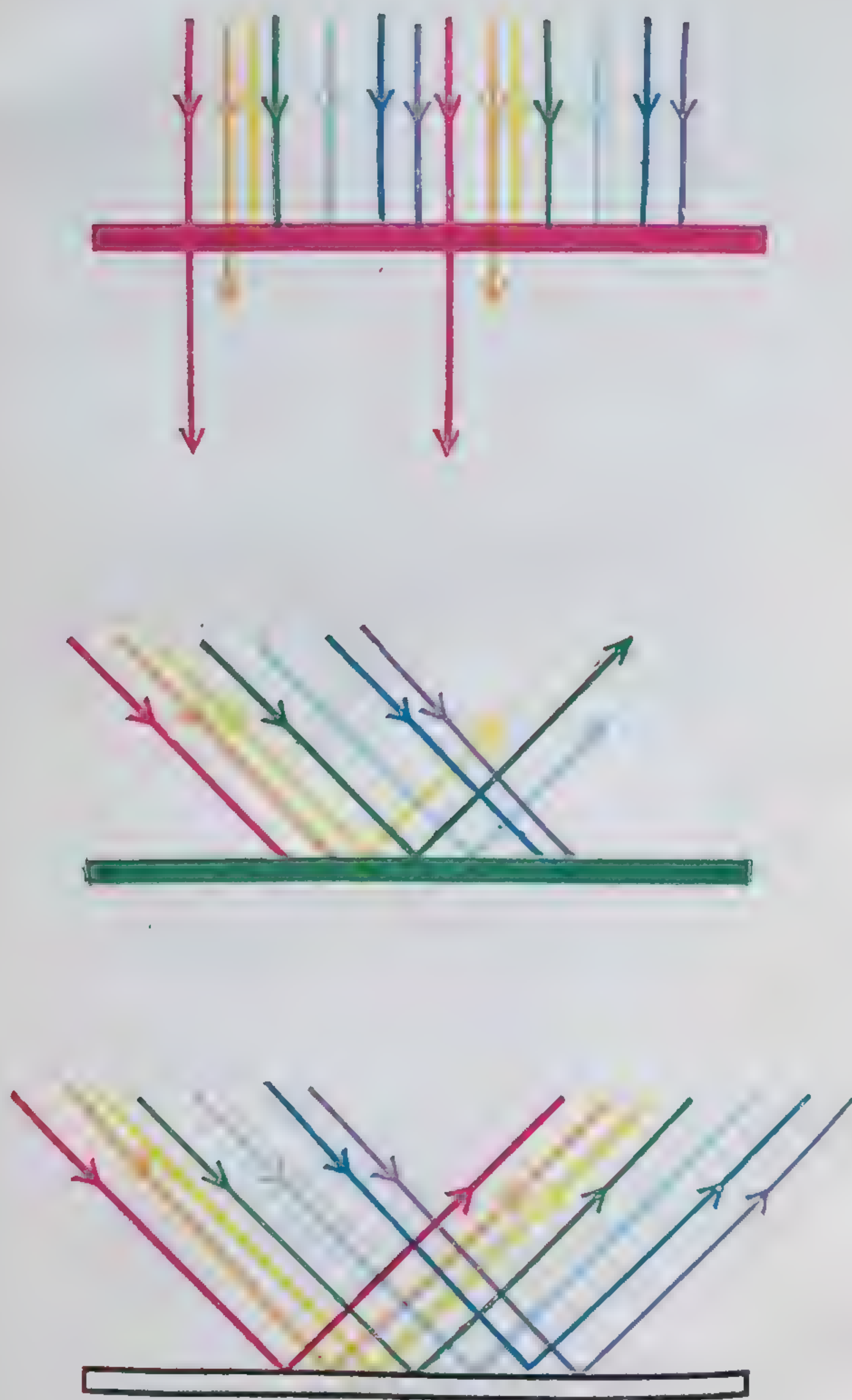


Рис. VI -1

плотности. ...
 тограммы.
 Характ
 фотомат
 специальный
 обозначены
 ответственн
 ция (количе
 изведение о
 держку t).
 получаемая
 течение 1 се
 в 1 свечу; э
 кунда-метр
 значены ве
 на бланк
 ниям плотн
 так называе
 ческого сло
 ческая кри
 По хара
 чувствитель
 ность. В за
 быть распо
 экспозиций,
 всех случая
 загибами в
 на графике
 ностью обл
 значениям
 рактистич
 величины с
 рические си
 в системе «
 по точке ин
 ния прямол
 согласно фо
 циент пропо
 ствующая т
 критерия св
 экспозиций,
 превышающ

плотности, и определяются плотности всех полей сенситограммы.

Характеристическая кривая и свойства фотоматериалов. Полученные данные наносятся на специальный бланк, по горизонтальной оси которого обозначены величины логарифмов экспозиций ($\lg H$), соответствующие номерам полей сенситограммы. Экспозиция (количество освещения) H представляет собой произведение освещенности E на время освещения (выдержку t). За единицу экспозиции принята экспозиция, получаемая при освещении светочувствительного слоя в течение 1 сек. на расстоянии 1 м источником света силой в 1 свечу; эта единица обозначается буквами CMS (секунда-метр-свеча). По вертикальной оси графика обозначены величины оптических плотностей. Нанесенные на бланк точки, соответствующие полученным значениям плотностей сенситограммы, соединяются, образуя так называемую характеристическую кривую фотографического слоя. На рис. IV—3 представлена характеристическая кривая на сенситометрическом бланке ГОСТ.

По характеристической кривой определяются общая чувствительность материала, его широта и контрастность. В зависимости от свойства слоя кривая может быть расположена в области меньших или больших экспозиций, быть более крутой или более полой, но во всех случаях она состоит из прямолинейного участка с загибами в верхней и нижней частях, как это показано на графике рис. IV—3. Чем большей светочувствительностью обладает фотографический слой, тем меньшим значениям $\lg H$ на графике соответствует начало его характеристической кривой. Для определения численной величины светочувствительности различные сенситометрические системы принимают различные критерии. Так, в системе «Х и Д» светочувствительность определялась по точке инерции, т. е. по точке пересечения продолжения прямолинейного участка кривой с осью экспозиций согласно формуле: $S = \frac{10}{H_i}$, где 10 — принятый коэффициент пропорциональности, а H_i — экспозиция, соответствующая точке инерции. Системой ГОСТ в качестве критерия светочувствительности принята точка на оси экспозиций, соответствующая оптической плотности, превышающей плотность вуали на 0,2, а в качестве

коэффициента пропорциональности — единица. Таким образом, общая светочувствительность вычисляется по формуле:

$$S = \frac{1}{H_{0,2-D_0}}$$

Контрастность слоя определяется степенью наклона кривой; чем круче кривая, тем контрастнее испытуемый материал.

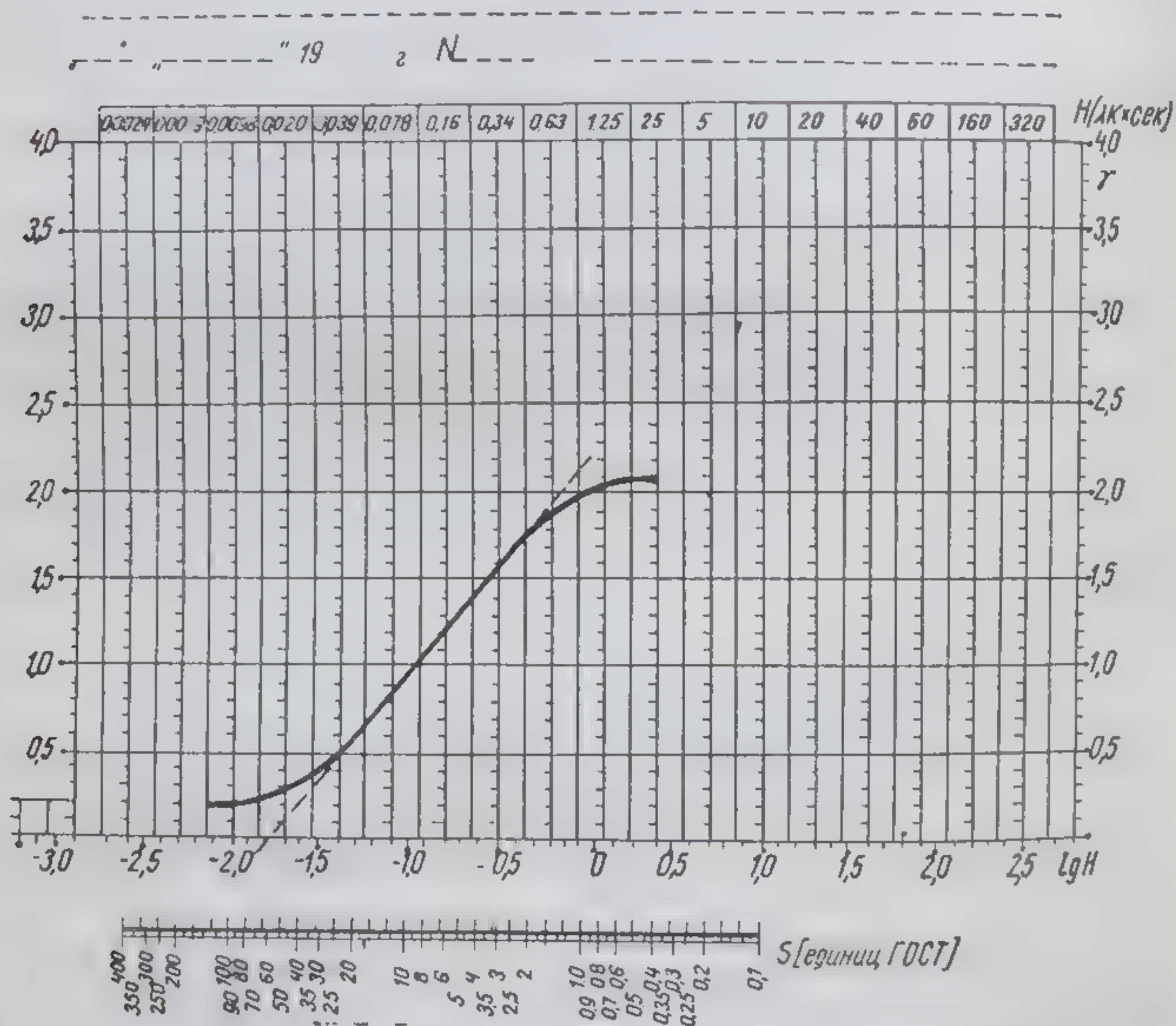


Рис. IV—3. Характеристическая кривая на бланке ГСИ

Из формы характеристической кривой явствует, что в каком-то интервале экспозиций, соответствующем границам прямолинейного участка, соотношения яркостей объекта воспроизводятся пропорциональными соотношениями плотностей. Поэтому прямолинейный участок характеристической кривой, имеющий наибольший градиент (крутизну) и носит название области пропорциональной передачи. Нижний загиб кривой, соответствующий наименьшим экспозициям и наименьшим плотно-

стям, называется областью недодержек, а верхний пологий участок кривой, соответствующий наибольшим экспозициям и плотностям, — областью передержек. Если при фотографировании допущена недодержка или передержка, то изображение будет соответствовать нижнему или верхнему пологому участку кривой, контрастность изображения окажется пониженной и правильность передачи не будет достигнута. Зависимость контраста от экспозиции показана на рис. IV—4. Из

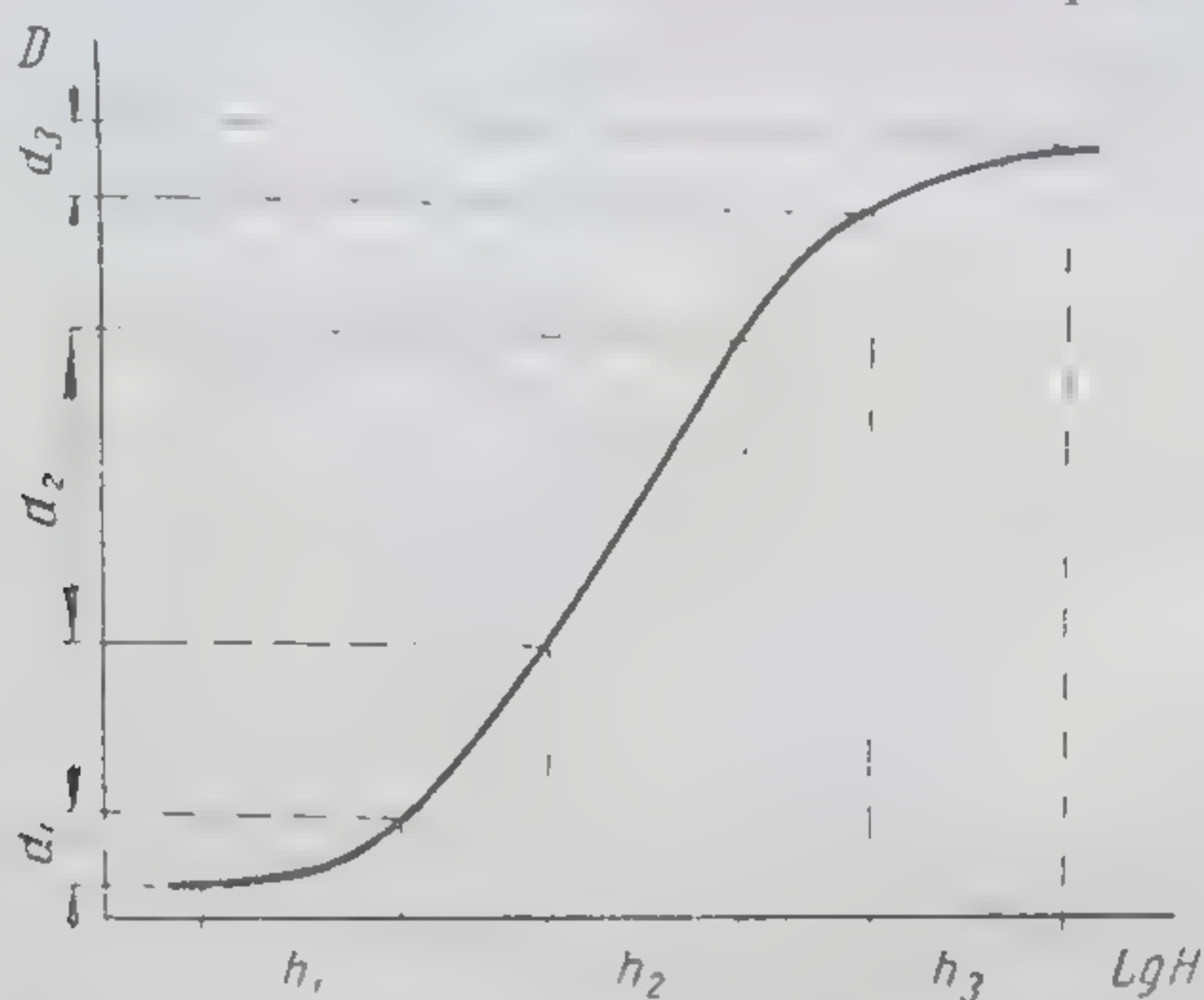


Рис. IV—4. Зависимость контраста от экспозиции

графика явствует, что совершенно равнозначные интервалы яркостей объекта (отрезки h_1 , h_2 , h_3 на оси $\lg H$) в зависимости от того, какому именно участку кривой они соответствуют, обуславливают различные интервалы плотностей, т. е. контраст изображения (отрезки d_1 , d_2 , d_3 на оси D); изображение будет обладать наибольшим контрастом в том случае, если оно расположено в прямолинейном участке кривой, т. е. в области нормальных экспозиций.

Наклон прямолинейного участка определяет контрастность фотографического материала (и, соответственно, контрастность изображения, получаемого на данном материале при данных условиях обработки). Коэффициент контрастности или γ численно выражается величиной тангенса угла наклона прямолинейного участка кривой к оси абсцисс. При угле наклона 45° , т. е. при $\gamma = 1$, разница плотностей равна разнице экспозиций (или разнице яркостей объекта), при которых получены

эти плотности, что означает точное соответствие соотношения почернений изображения соотношению яркостей объекта. Если бы был сфотографирован нейтрально-серый ступенчатый клин при таких условиях экспозиции и проявления, чтобы все изображение укладывалось в пределы прямолинейного участка характеристической кривой и при этом γ равнялась бы единице, то фотографический снимок не отличался бы от оригинального клина.

В том случае, если угол наклона прямолинейного участка меньше 45° , т. е. $\gamma < 1$, контрастность будет пониженной, изображение «вялым»; наименьшие детали

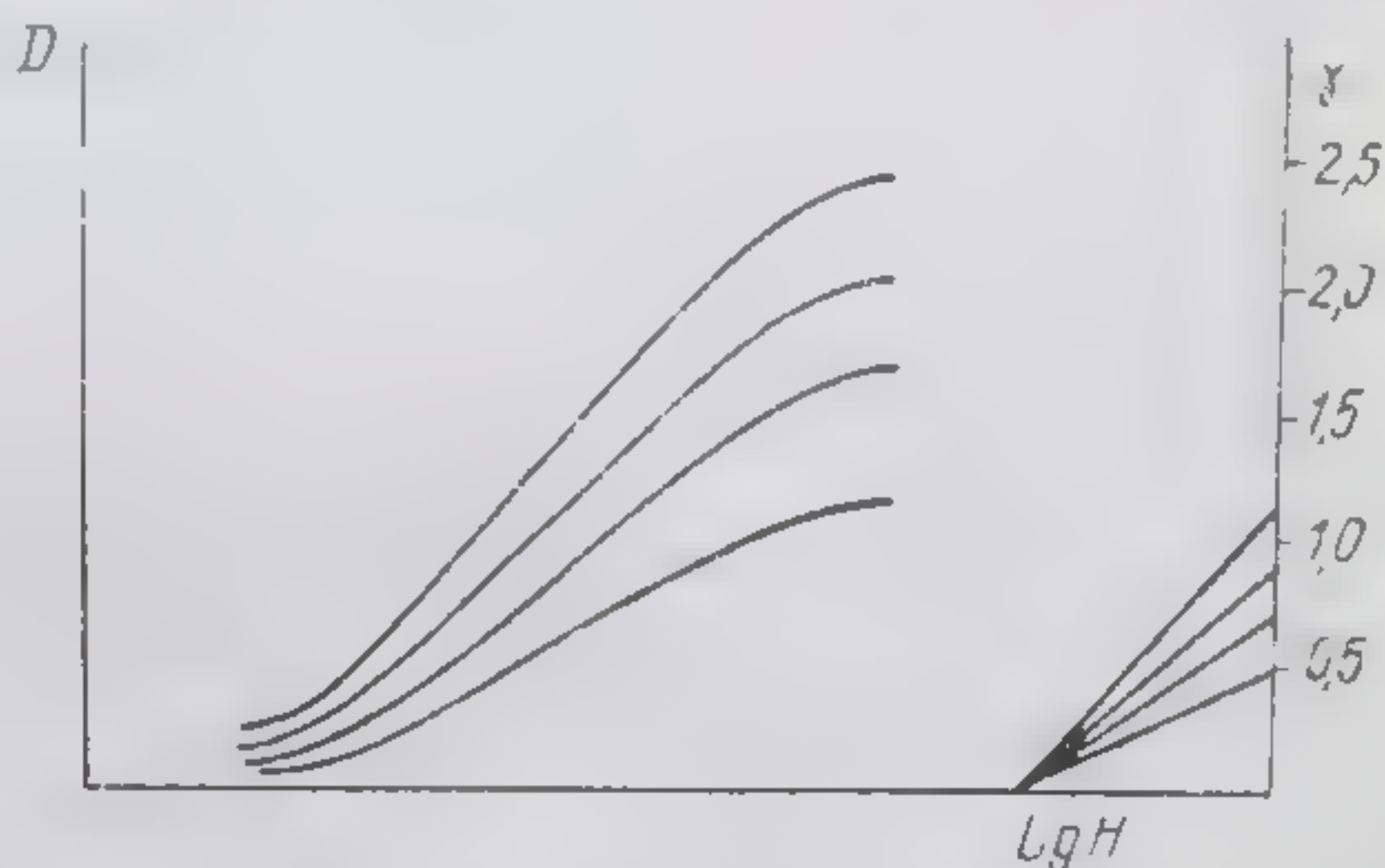


Рис. IV—5. Влияние времени проявления на характеристическую кривую

яркости объекта, обуславливающей экспозицию, вовсе не будут различаться в изображении (деталью яркости объекта называется разность логарифмов яркостей двух соседних элементов объекта). Наоборот, если угол наклона прямолинейного участка больше 45° , т. е. $\gamma > 1$, контрастность будет повышенной, и слабо различаемые детали яркости объекта будут более четко выражены в изображении.

Контрастность фотографического изображения в значительной степени зависит от времени проявления. Если несколько сенситограмм, экспонированных точно одинаковое время, проявить в одном и том же проявителе, но в течение разного времени, например, 1, 2, 4, 6 мин., то мы получим примерно такую картину, как на рис. IV—5.

От длины прямолинейного участка и расположения его относительно оси абсцисс зависит величина фотографической широты L , определяемой интервалом экспозиций, ограниченным точками начала и конца прямолиней-

ного участка. При одинаковой длине прямолинейного участка широта контрастных материалов будет меньшей, чем широта материалов, обладающих малой контрастностью (рис. IV—6).

Для достижения хорошего качества фотоснимка необходимо, чтобы получаемое изображение было расположено в пределах прямолинейного участка характеристической кривой. Это воз-

можно при том условии, если величина интервала яркостей объекта, т. е. \lg отношения его наибольшей и наименьшей яркостей, не превосходит величины фотографической широты используемого фотоматериала и если экспозиция была правильной. В случае ошибки экспозиции в ту или иную сторону изображение окажется полностью или частично расположенным в области недодержек или пе-

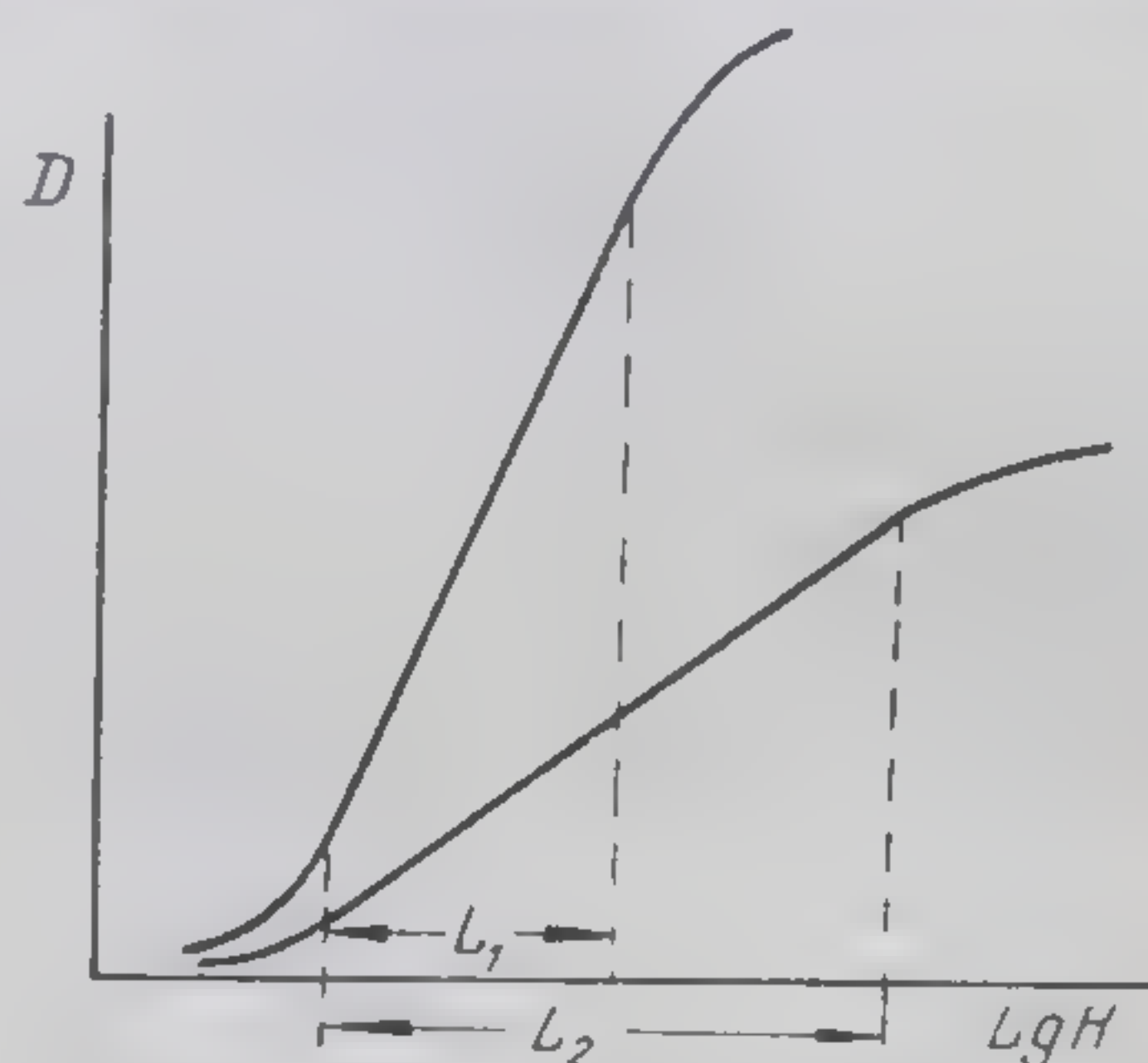


Рис. IV—6. Фотографическая широта контрастных и нормальных фотоматериалов

редержек и правильность передачи будет нарушена. В тех случаях, когда интервал яркостей объекта очень велик и не укладывается в пределы фотографической широты фотоматериала, часть яркостей объекта, даже и при правильной экспозиции, попадает либо в область недодержек, либо в область передержек, что приводит к снижению качества проработки, либо теней, либо светов изображения. Если широта негативных фотографических материалов достаточно велика для правильной передачи яркостей большинства объектов, то благодаря относительно малой широте фотобумаг, при производстве фотоснимка объекта, обладающего значительным интервалом яркостей, часть яркостей, даже воспроизведенная в негативе правильным соотношением плотностей, может попадать в область неправильных передач — недодержек и передержек позитивного материала, как это показано на рис. IV—7; широта негатива на графике обозначена буквами LH , а широта позитива — Ln .

Из сказанного следует, что если при фотографировании объекта на негативных материалах, обладающих

большой широтой, экспозицию можно варьировать в относительно больших пределах без особого изменения качества проработки деталей, то при изготовлении позитивного отпечатка на бумаге экспозиция должна быть подобрана совершенно точно, чтобы наиболее важные детали не попали в область недодержек или передержек характеристической кривой фотографической бумаги и

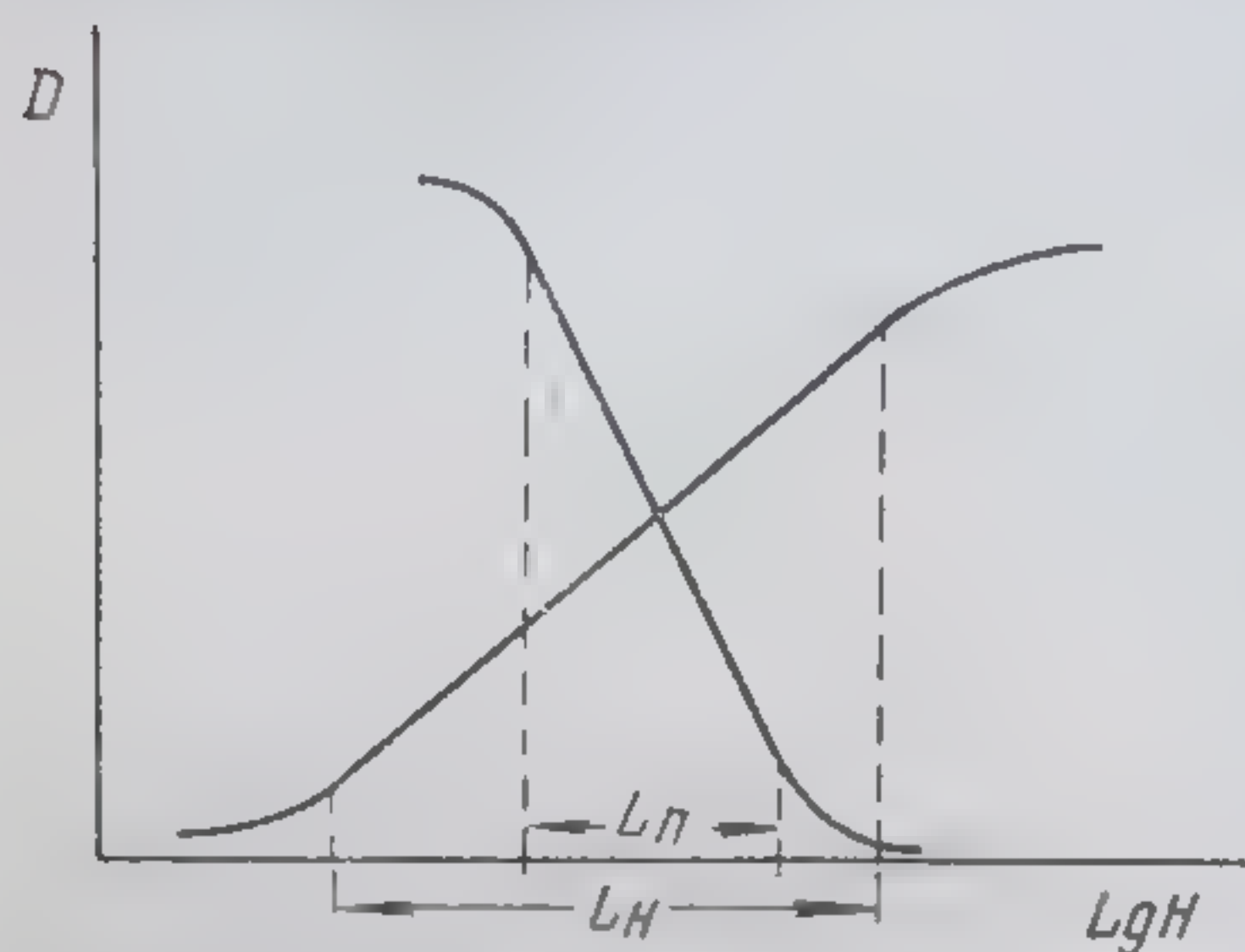


Рис. IV—7. Соотношение широты негатива и позитива

не оказались не воспроизведенными в позитивном изображении.

Для достижения правильной передачи не обязательно, чтобы в негативе и в позитиве коэффициент контрастности (γ) был равен единице или, иначе говоря, чтобы прямолinéйные участки и негатива, и позитива имели угол наклона 45° . Те же результаты получаются

при условии, если произведение гаммы (γ) негатива и гаммы позитива будет равно единице. Исходя из этого правила и производят подбор позитивного материала при печати. Для печати с контрастных негативов, коэффициент контрастности которых больше единицы, используются так называемые мягкие бумаги, и наоборот, для печати с вялых негативов с гаммой меньше единицы применяются контрастные бумаги. Понятно, что по такому принципу подбираются материалы в тех случаях, когда стремятся к полному соответствию изображения объекту. В судебной фотографии весьма часто необходимо получение изображения с повышенным контрастом. Так, если фотографируется объект, обладающий очень малой контрастностью, например, если нужно восстановить едва заметные следы текста в документе, съемку производят на контрастных материалах; однако и в негативе, полученном на контрастной пластинке, исследуемые детали часто оказываются различаемыми с трудом; в таких случаях, естественно, и печать производится на контрастной бумаге с тем, чтобы возможно более увеличить контрастность изображения исследуемых деталей.

Фотографическая широта позитивного материала должна соответствовать интервалу плотностей негатива, т. е. разнице между минимальной и максимальной его плотностью. Например, максимальная плотность негатива 2,0, минимальная 0,7; интервал плотности негатива равен 1,3. Для печати с такого негатива необходим позитивный материал с фотографической широтой, равной 1,3.

При печати с негативов на позитивном материале с непрозрачной подложкой — фотобумаге следует строго соблюдать указанное правило.

Позитивы на прозрачной подложке обладают бóльшим богатством тонов, чем позитивы на бумаге. Объясняется это тем, что на бумаге можно достичь максимальную плотность, немного превышающую 1,5; в диапозитиве можно получить максимальную плотность 2,3. Следовательно, на диапозитиве можно различить значительно больше тонов, чем на отпечатке на бумаге.

При печати позитивов на диапозитивных пластинках следует соблюдать то же правило, что и для печати позитивов на бумаге; однако фотографическая широта диапозитивных пластинок в большей степени поддается регулировке в процессе проявления. При печати диапозитивов используется нижний криволинейный участок характеристической кривой позитивного материала. Если бы использовали только прямолинейный участок, диапозитивы получались бы слишком плотными.

В случаях несоответствия широты позитивного материала интервалу плотностей негатива необходимо экспозицию при печати подбирать таким образом, чтобы наиболее важные детали негативного изображения попадали в область правильной передачи характеристической кривой позитива. Так, если целью фотографирования является передача небольших различий в окраске штрихов, расположенных на светлом фоне бумаги, нельзя печать производить таким образом, чтобы позитивное изображение штрихов попадало в область передержек, так как в таком случае они все выглядели бы черными, не отличающимися друг от друга; во избежание этого нужно давать меньшую экспозицию с тем, чтобы в позитиве была проработана структура штрихов, не заботясь в данном случае о проработке фона; наоборот, если целью исследования является выявление незначительных

деталей яркости на фоне (бумаге документа), например, следов вытирания, остатков штрихов удаленного текста, при печати следует давать экспозицию, достаточную для проработки фона бумаги, хотя бы структура штрихов текста, в данном случае не имеющая значения, оказалась не проработанной.

По характеристической кривой фотоматериала определяются также величина его вуали D_0 , т. е. плотность не подвергавшегося засветке участка слоя, и максимальная плотность D_{\max} , т. е. плотность, соответствующая наиболее высокой точке характеристической кривой.

Спектральная чувствительность. Весьма важным свойством негативных фотографических материалов является их спектральная чувствительность.

Для определения спектральной чувствительности используются спектрографы, в которых спектр, получаемый при помощи призмы или диффракционной решетки, фотографируется на испытуемом материале. На пластинке или пленке последовательно с постепенно уменьшающимися экспозициями получают ряд изображений спектра, расположенных друг над другом. Одновременно на пластинке фотографируется шкала длин волн. По получаемому снимку или так называемой спектросенситограмме вычерчивается кривая, наглядно показывающая относительное распределение светочувствительности данного материала по спектру. На рис. IV—8 приведены кривые спектральной чувствительности различных фотографических материалов.

Разрешающая способность фотографических материалов, имеющая существенное значение при производстве малоформатных снимков, не может быть определена из характеристической кривой.

Разрешающая способность слоя зависит от размеров зерен проявленного изображения и характеризуется максимальным числом линий в одном миллиметре, передаваемых раздельно. Это число в настоящее время определяется с помощью резольвометра ГОИ следующим образом:

на испытуемом материале фотографируют с уменьшением в 25 раз изображение м и р ы, представляющей собой группы параллельных штрихов различной ширины; промежутки между штрихами в каждой группе равны ширине штрихов.

Эксп-
вая каж-
нию с
с помо

Рис. IV—
фотоматери-
ские, 3—

этом по п-
бражение
число пар-
ных фотог-
Различн-
ной степени
7 Фотогр

Экспонирование производят несколько раз, увеличивая каждую последующую выдержку вдвое по сравнению с предыдущей. Готовое изображение мира изучают с помощью микроскопа с увеличением 30—70 раз; при

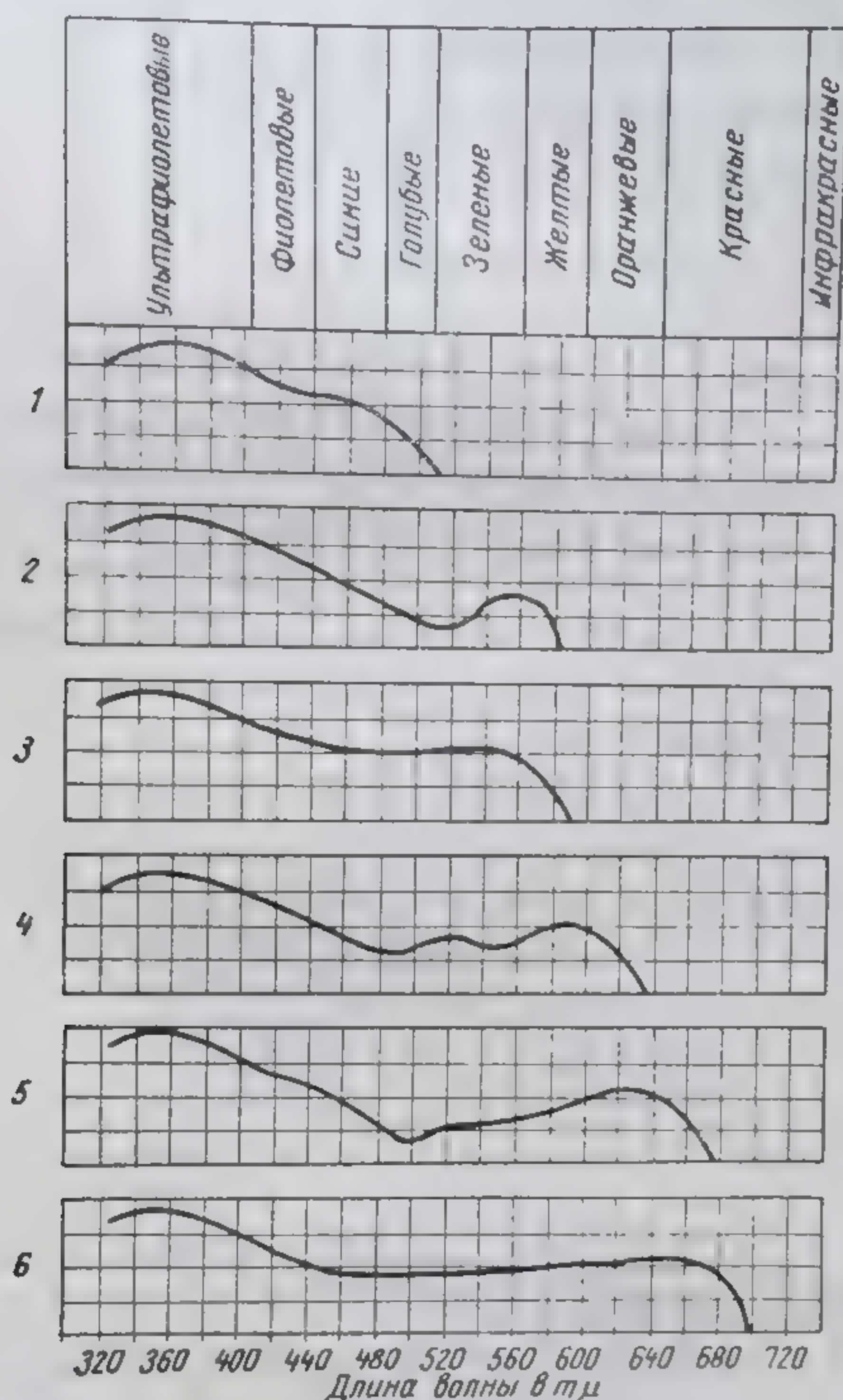


Рис. IV—8. Кривые спектральной чувствительности различных фотоматериалов: 1 — несенсибилизированные, 2 — ортохроматические, 3 — изоортохроматические, 4 — изохроматические, 5 — панхроматические, 6 — изопанхроматические

этом по последней группе, дающей еще отдельное изображение каждого штриха, определяется максимальное число параллельных линий (на миллиметр), передаваемых фотографическим слоем.

Различные фотографические материалы в значительной степени отличаются друг от друга по величине раз-

решающей способности. Как правило, фотоматериалы с малой светочувствительностью обладают значительно большей разрешающей способностью, чем высокочувствительные негативные пластинки и пленки. Так, позитивные пленки обладают разрешающей способностью примерно 80 лин/мм, а негативные — 40 лин/мм.

На величину разрешающей способности, кроме зернистости слоя, оказывают влияние следующие факторы:

а) Диффузные ореолы, т. е. рассеивание части упавших на слой лучей микрокристаллами бромистого серебра эмульсии в боковом направлении; чем больше диффузные ореолы, тем меньше разрешающая способность.

б) Ореол отражения, т. е. отражение части упавших на слой лучей задней плоскостью подложки (стекла или целлулоида); размеры ореола отражения зависят от толщины подложки; у пластинок ореолы отражения больше, чем у пленок. Явление ореолообразования может быть значительно уменьшено путем применения противоореольных слоев.

в) Оптическая плотность изображения. Для передержанного и перепроявленного изображения, так же как и для изображения, недостаточно проявленного, число различаемых линий уменьшается. Оптимальной является плотность 0,6—1,0, полученная при нормальном проявлении.

г) Вид проявителя. Наибольшую разрешающую способность дают медленно работающие мелкозернистые проявители.

Испытание бумаги. Важнейшим свойством фотографических бумаг является контрастность; поскольку, ввиду малой ширины фотобумаг, для образования позитивного изображения используется не только прямолинейный участок, но и криволинейные, контрастность бумаги характеризуется так называемым средним градиентом кривой g .

Средний градиент представляет собой тангенс угла наклона прямой, соединяющей две точки, расположенные у начала и конца характеристической кривой и соответствующие так называемому минимальному полезному градиенту, т. е. такому градиенту, при котором возможно получение изображения. На рис. IV—9 показано определение контрастности фотографической бумаги по среднему градиенту.

метод
цель
ставл
вами
Н(но
ный)
валом

обычн
точной
в том
в теч
негат
чатке,
ная и
деляет
 $Lg = 0$
крайни
констан
Дал
соотно

где D_g
считать
Дет
тометрич
7*

Для испытания фотобумаг применяется упрощенная методика. Испытуемая бумага экспонируется под специально изготовленным тест-объектом, который представляет собой стеклянную пластинку с тремя негативами различной контрастности, обозначенными буквами Н (нормальный), К (контрастный) и ОК (особо контрастный), и нейтрально серым ступенчатым клином с интервалом плотностей 0,3—3,3. Экспозиция производится при

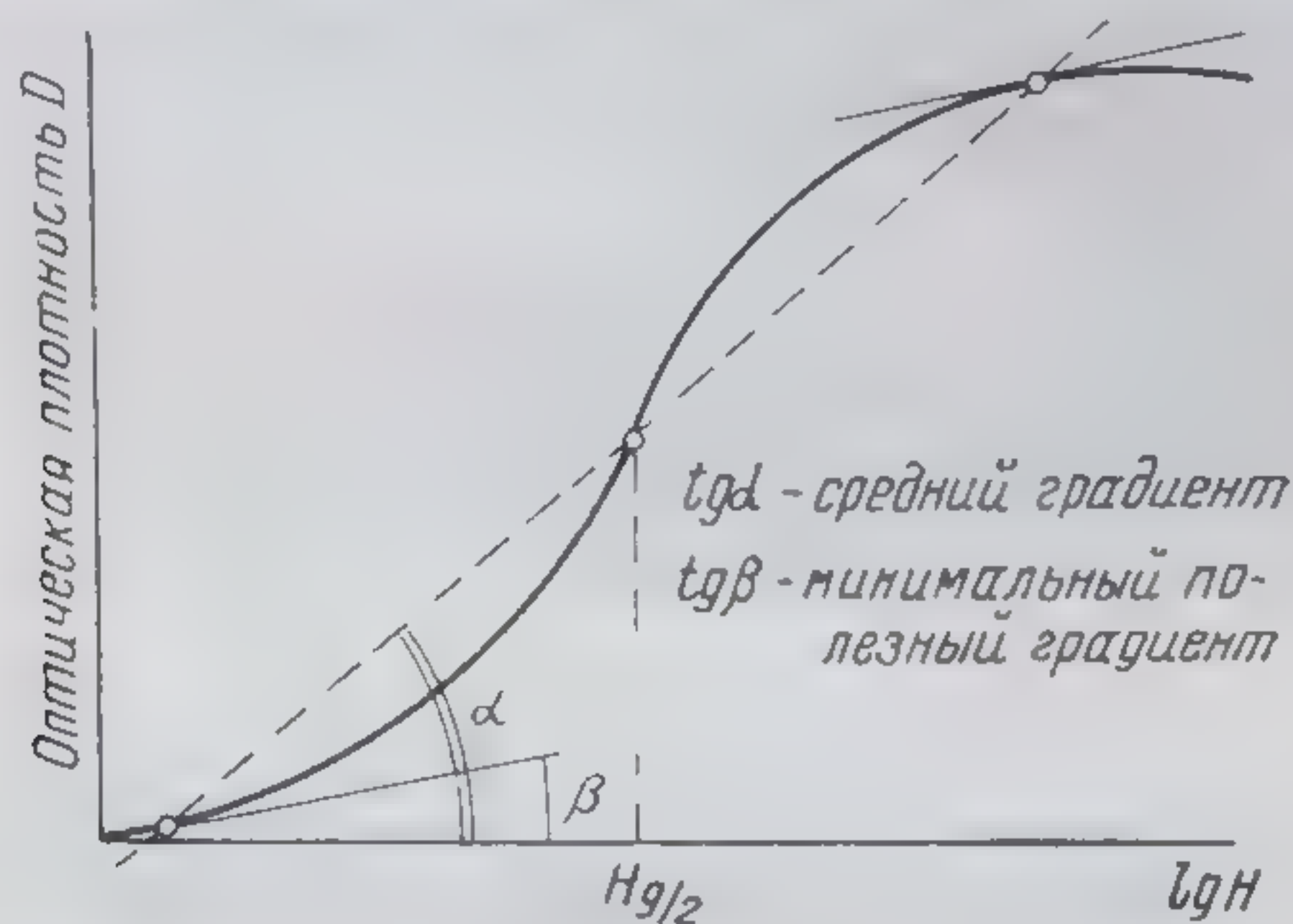


Рис. IV—9. Определение контрастности фотобумаги

обычных электрических лампах, но с соблюдением достаточной равномерности освещения. Отпечаток проявляется в том же проявителе, что и негативные сенситограммы, в течение 2 мин. В зависимости от того, с какого из трех негативов тест-объекта получен лучший позитив на отпечатке, определяется тип бумаги: нормальная, контрастная и особо контрастная. Кроме того, по отпечатку определяется полезный интервал экспозиций Lg по формуле $Lg = 0,1(N_2 - N_1)$, где N_1 и N_2 — порядковые номера крайних различаемых полей оптического клина, а 0,1 — константа клина.

Далее может быть определен средний градиент из соотношения

$$g = \frac{D_g}{Zg}$$

где D_g — полезный интервал плотностей, который может считаться равным максимальной плотности D_{\max} .

Деталиметрия. Давно было замечено, что сенситометрические величины не дают полного представления

о качестве изображения, получаемого на испытуемом материале. Нередко на пленках, пластинках, бумагах, обладающих одинаковыми сенситометрическими характеристиками, получаются изображения, существенно различающиеся по детализованности. В судебной фотографии особенно важной является способность фотоматериала воспроизводить раздельно минимальные детали яркости объекта, так как в большинстве случаев предметом исследования являются едва различаемые или вовсе невоспринимаемые глазом различия яркостей, как,

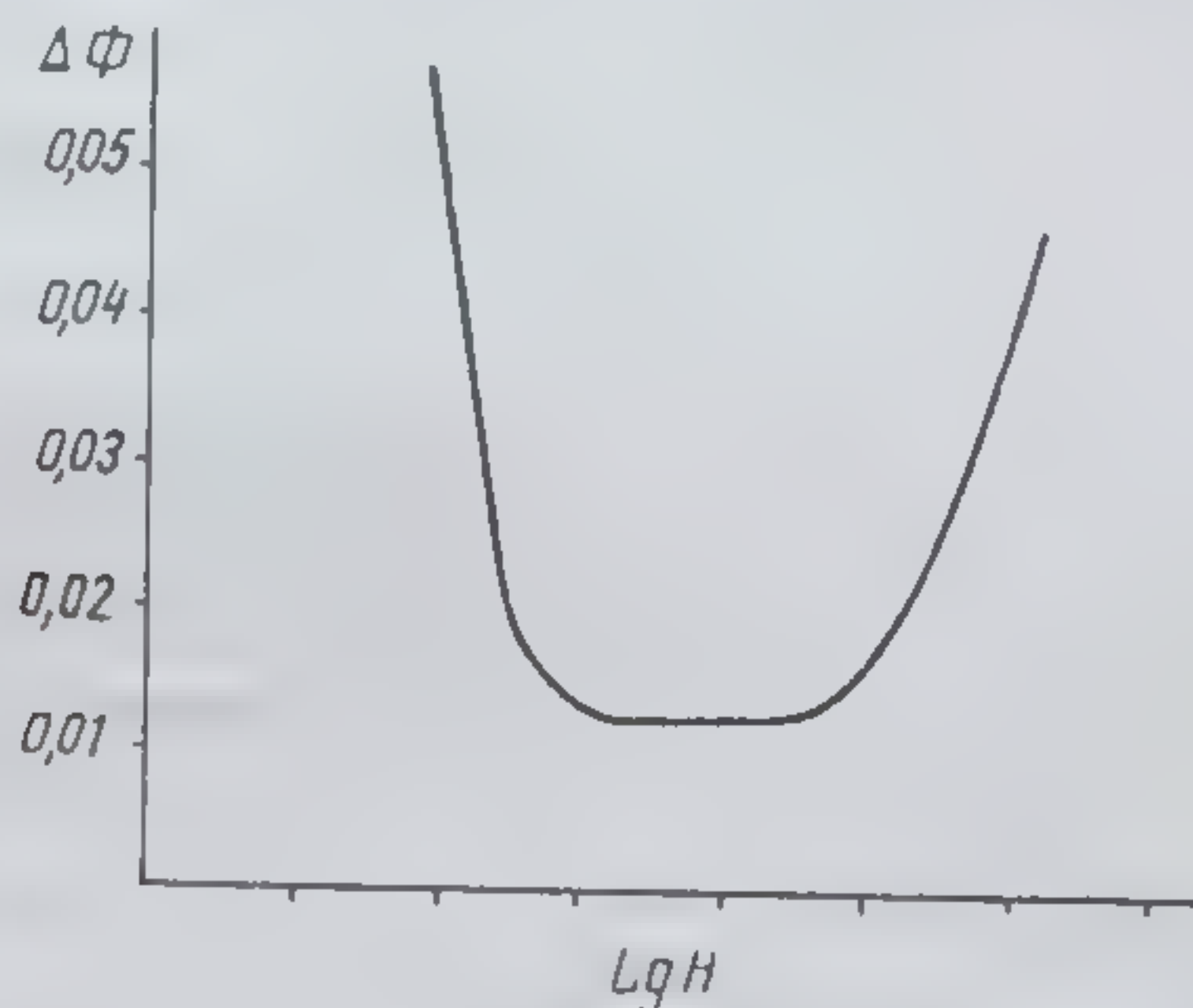


Рис. IV—10. Кривая фотографических деталей яркости

например, следы штрихов вытравленного или смытого текста документа, незначительные различия в окраске штрихов первоначального и дописанного текста и т. п.

Для определения способности слоя воспроизводить различия яркостей фотографируемого объекта был разработан особый метод — деталиметрия. Указанное свойство согласно этому методу определяется по кривой фотографических деталей яркости, представляющих зависимость величины фотографической детали яркости $\Delta\Phi$ (т. е. наименьшей детали яркости объекта, передаваемой слоем в виде различаемых почернений) от логарифма экспозиции. Пример подобной кривой показан на рис. IV—10. Как видно из рассмотрения этого графика, в области средних (нормальных) экспозиций величина передаваемой слоем детали яркости минимальна; в областях же малых и слишком больших экспозиций кривая резко поднимается кверху; это значит, что при недо-

держке и передержке только относительно большие различия яркостей объекта могут быть переданы в виде различающихся глазом почернений. Форма кривой и расположение ее относительно осей графика изменяется в зависимости от индивидуальных свойств слоя и режима проявления, однако общий характер кривой всегда одинаков, как и характер кривой почернения.

Для получения деталиграмм, по которым строится кривая фотографических деталей яркости, был предложен метод засветки испытуемого фотографического слоя



Рис. IV—11. Деталиметрические клинья Гольдберга

под двумя оптическими нейтрально-серыми клиньями, скрещенными под углом 90° таким образом, чтобы направление, в котором увеличиваются плотности одного клина, было перпендикулярным направлению увеличения плотности другого клина; при этом один из клиньев состоит из квадратных участков размером 1 мм^2 , расположенных в шахматном порядке и разделенных прозрачными местами, как это показано на рис. IV—11. Размеры изображения оказывают значительное влияние на различаемость деталей почернения, поэтому при деталиметрических испытаниях размеры отверстий в подобной решетке должны быть равны среднему размеру деталей оптического изображения фотографируемого объекта.

Комбинация таких скрещенных клиньев представляет все возможные соотношения яркостей фотографируемого одноцветного объекта. При этом отношения экспозиций (или, иначе говоря, детали яркости) для участков

испытываемого слоя, находящихся под прозрачными и темными участками второго клина, определяются оптическими плотностями обоих клиньев. Граница пропечатанных квадратов, различаемых на деталиграмме, определяет кривую фотографических деталей яркости. Деталиграмма, полученная по методу Гольдберга, показана на рис. IV—12.



Рис. IV—12. Деталиграмма по Гольдбергу

Были разработаны и иные методы получения деталиграмм, однако все эти методы основаны на одном принципе — на деталиграмме должны быть получены комбинации почернений, обусловленные разнообразнейшими

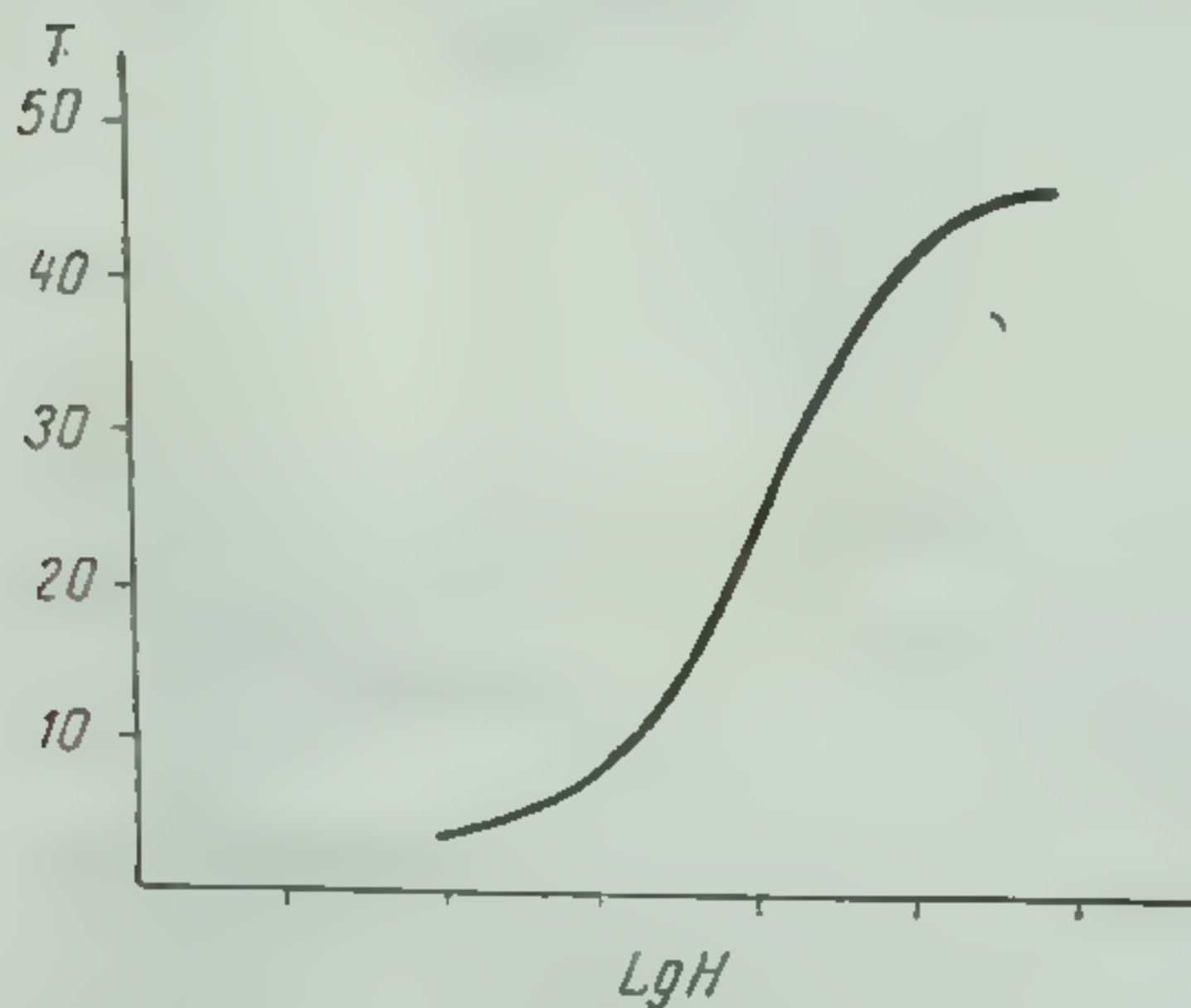


Рис. IV—13. Кривая различаемых тонов яркости

соотношениями яркостей; кривая фотографических деталей яркости всегда определяется границей различаемых глазом изображений отверстий решетки, налагаемой на клин при экспонировании деталиграмм.

Способность фотографических материалов воспроизводить различия яркостей наблюдаемыми глазом различиями почернений может быть характеризована также кривой

различаемых тонов яркости. Эта кривая, представляющая зависимость числа различаемых тонов яркости изображения T от логарифмов экспозиции $\lg H$, по форме подобна характеристической кривой; из рассмотрения такой кривой (рис. IV—13) явствует, что в области малых и слишком больших экспозиций только очень значительные различия экспозиции (или различия ярко-

сти фотографируемого объекта) могут быть переданы в виде различаемых глазом тонов фотографического изображения.

Максимальное число различаемых тонов яркости изображения в определенном интервале плотностей, на основании которого строится кривая, может быть выведено из кривой фотографических деталей яркости либо определено экспериментально.

Число различаемых тонов яркостей для различных сортов фотобумаг колеблется в пределах 20—30 в зависимости от контрастности, а также от характера поверхности; для матовых бумаг число T меньше, чем для гляцевых. Негативные материалы, особенно пленка, обладают значительно большей величиной T (до 250).

Как показывают деталиметрические исследования, минимальные детали яркости объекта лучше всего могут быть воспроизведены в том случае, если плотность изображения их находится в пределах 0,5—1,2 при том условии, если изображение проявлено нормально. Это значит, что при фотографировании таких объектов исследования как вытертые, вытравленные, смытые тексты, и вообще слабо отличаемых от фона объектов, необходимо таким образом подбирать экспозицию, чтобы при полном проявлении плотность фона была около 1,0; если же объектом исследования являются чернильные, карандашные штрихи текста и на снимке необходимо выявить структуру этих штрихов или незначительное различие в их окраске, то экспозицию следует подбирать так, чтобы в негативном изображении плотность исследуемых штрихов была не менее 0,5.

При недостаточном проявлении, т. е. при малом времени проявления или при пониженной температуре, детали яркости объекта, воспроизводимые при нормальном проявлении негатива, оказываются невоспроизведенными в недопроявленном негативе.

Таким образом, деталиметрические исследования, дополняя собой данные, получаемые при использовании сенситометрического метода, позволяют судить о качестве изображения, получаемого на данном фотографическом материале при тех или иных условиях обработки.

Получаемые данные весьма важны для научной фотографии и, в частности, для исследования вещественных доказательств, так как на основании деталиметрических

исследований возможно выбрать материал для съемки и условия обработки, обеспечивающие оптимальное воспроизведение на снимке исследуемых деталей яркости.

ЛИТЕРАТУРА

Ю. Н. Гороховский, Методы фотографической сенситометрии, Госкиноиздат, 1948.

Я. М. Катушев и Я. М. Шеберстов, Основы теории фотографических процессов, Искусство, 1954. ГОСТ 2817—50, 2818—45, 2819—45.

В. А. Яштолд—Говорко, Фотоматериалы, Искусство, 1954.

Гольдберг, Образование фотографического изображения, М., 1927.

Г. С. Баранов, Вопросы теории фотографического воспроизведения, Госкиноиздат, 1949.

В. В. Пуськов, Краткий фотографический справочник, Искусство, 1953.

Г. А. Истомин, «Доклады Академии наук СССР», 1952, XXXII, 6, 897, «Доклады Академии наук СССР», 1952, XXXIV, 2, 273.



Фото
зрительн
метричес
яркостей
теря дет
яркости
снимке.
В суд
ниях на
талей об
дования,
чатления
Перед
бражени
Логар
стей наз
Велич
является
Порог
ния яркос
яркостях)
мерности
На сле
ных велич

Глава V

ВОСПРОИЗВЕДЕНИЕ ТОНОВ В СУДЕБНОЙ ФОТОГРАФИИ

§ 1. Воспроизведение яркостей объекта в фотографическом изображении

Фотографический снимок должен соответствовать зрительному ощущению от объекта как в отношении геометрических параметров, так и в отношении передачи яркостей. В обычном снимке может быть допущена потеря деталей в светах или в тенях в том случае, если яркости объекта не могут быть правильно переданы на снимке.

В судебной фотографии, как и при иных приложениях научной фотографии, обязательно сохранение деталей объекта в тех местах, которые важны для исследования, может быть за счет общего тонального впечатления от объекта.

Передача яркостей объектов фотографическим изображением зависит от многих причин.

Логарифм отношения яркостей смежных поверхностей называется деталью яркости.

Величина наименьшей различаемой детали яркости является порогом различаемости.

Порог различаемости зависит от абсолютного значения яркости (имеет минимальное значение при средних яркостях), от резкости границ между полями и равномерности их яркости.

На следующей таблице приведены значения абсолютных величин порога различаемости.

Объект и условия освещения	Порог различаемости	Разница в яркости
Половины поля сравнения в фотометре	0,004	1%
Белые облака, листы белой бумаги на рассеянном дневном освещении	0,004	1%
Те же условия освещения, но поверхность имеет структуру (ткань, штукатурка)	0,01—0,025	2,6%
Темные бесструктурные поверхности . .	0,1—0,12	25—30%
Пестрые объекты с большим количеством деталей, при средней яркости	0,1	25%
То же при малой яркости	0,18	50%

При рассматривании какого-либо объекта глаз видит наибольшее количество деталей в светлых участках, поэтому при обычном фотографировании сплошь и рядом предпочитают жертвовать деталями в тенях.

Практически можно принять следующие значения для различаемости деталей:

в светлых частях объекта	5%
в участках со средней яркостью . . .	10%
в темных участках	25%

Эти значения различаемости достигаются в том случае, если глаз последовательно рассматривает различные части объекта и к ним адаптируется.

Яркость объектов зависит от уровня освещенности и от коэффициента отражения поверхности (отношения количества отраженного света к упавшему).

Освещенности варьируют в широких пределах, например, освещенность письменного стола около 20 люкс, светлой комнаты при естественном освещении днем летом 100 люкс, в тени в ясный летний день больше 1000 люкс, освещенность на солнце летом в полдень до 100 тыс. люкс. Оптимальная различаемость для белой поверхности соответствует освещенности 250—1000 люкс.

Для коэффициента отражения можно привести следующие значения: матовая меловая бумага около 100, чистый снег 85, белое полотно 80, черная упаковочная бумага 10, черное сукно 10 (в %).

Логарифм отношения наибольшей и наименьшей яркости объекта называется интервалом объекта. Однако фотометрический интервал объекта не соответствует впечатлению глаза от объекта.

Визуальный контраст объекта, равно как и изображения, зависит не только от абсолютного значения фотометрического интервала, но и от количества деталей и их взаимного расположения.

Если в объекте полутона отсутствуют, он может казаться очень контрастным; если полутонов много, при большем значении интервала, объект не будет производить впечатления контрастного.

Для получения полноценного негатива необходимо, чтобы фотографическая широта эмульсии равнялась или была большей, чем интервал объекта.

Можно привести следующие значения для интервалов яркостей основных объектов судебной фотографии:

Объект	Интервал яркостей	Отношение крайних яркостей
1. Съемка документов	1—1,5	1 : 10, в отдельных случаях — 1 : 30
2. Сигналетическая съемка	1—2	от 1 : 10 до 1 : 100
3. Съемка места происшествия		
а) на открытой местности без затемненных углублений на солнце	1,6	1 : 40
б) то же при рассеянном свете	1	1 : 10
в) на открытой местности при наличии затемненных углублений (подъезды, подворотни)	5	1 : 100 000 и более
г) внутри помещения (светлое помещение с окном)	2,7	1 : 500
д) внутри помещения (темное помещение с окном)	5	1 : 10 000
4. Съемка вещественных доказательств при наличии бликующих объектов	2,3	до 1 : 1 000

Наиболее распространенные фотографические материалы имеют следующую широту:

1. Негативная пленка 1:250
2. Пластинки негативные 1:150
3. Пластинки репродукционные полутонные . . 1:100
4. Пластинки репродукционные штриховые . . 1:50
5. Пластинки диапозитивные 1:10

В том случае, если интервал объекта больше, чем фотографическая широта эмульсии, не все яркости объекта могут быть правильно переданы на снимке. Неизбежна потеря деталей в светах или тенях. При судебно-фотографической съемке должна быть выбрана такая экспозиция, которая обеспечила бы правильную передачу яркостей тех мест объекта, которые важны для исследования.

Практически при фотографировании используется не только прямолинейный участок характеристической кривой, но и загибы; поэтому полезный интервал экспозиции обычно бывает несколько большим, чем вычисленный исходя из значения фотографической широты.

При образовании фотографического изображения следует учитывать также, что изображение объекта получается в съемочной камере, в которой фотометрические свойства объекта претерпевают значительные изменения вследствие поглощения и рассеивания света, в основном объективом.

На изображение, образованное на матовом стекле, налагается значительное количество рассеянного света, отраженного поверхностями линз объектива, поверхностью пленки, внутренней поверхностью камеры и оправы объектива. Вследствие этого происходит уменьшение интервала яркости изображения, причем оказывается, что потеря яркости в тенях изображения происходит в большей степени, чем в светах. Таким образом, распределение яркостей в оптическом изображении в камере не соответствует распределению яркостей в объекте, причем это несоответствие зависит от абсолютного соотношения яркостей и размеров полей. Подобные же явления имеют место и при проекционной печати.

§ 2. Методы изменения контраста

Изменение контраста в процессе съемки. В судебной фотографии весьма часто приходится прибегать к изменению контрастов; это вызывается рядом причин — в одних случаях контраст объекта слишком велик по сравнению с фотографической широтой фотоматериала и детали яркости, находящиеся в крайних светах и глубоких тенях, воспроизводятся не полностью; в других — подлежащие исследованию детали яркости объекта слишком малы и не воспринимаются глазом; наконец, встречаются и такие случаи, когда исследуемые детали яркости сами по себе достаточно велики для восприятия, но оказываются незаметными ввиду наличия мешающих теневых контрастов.

Судебная фотография располагает большим выбором способов изменения контраста как самого объекта в процессе съемки, так и готового фотографического изображения. Приступая к съемке, необходимо прежде всего уяснить, какие именно детали объекта должны быть переданы на снимке с максимальной контрастностью, с какого рода контрастами мы имеем дело и какими средствами может быть достигнут требуемый эффект.

Исследуемые детали могут быть образованы либо яркостным контрастом, т. е. контрастом, обусловленным различными количествами отражаемого света; либо цветовым контрастом, т. е. контрастом, обусловленным различием в спектральном составе отражаемого света. Яркостный контраст может быть и теневым — в зависимости от наличия теней рельефа поверхности. Контраст объекта является величиной переменной, зависящей как от его оптических свойств, так и от условий фотографирования, т. е. характера освещения, спектрального состава излучения источника света, свойств окружающего фона.

В ряде случаев желаемое изменение контраста объекта можно достигнуть путем правильного выбора условий фотографирования, в частности, посредством правильного подбора условий освещения.

Часто бывает необходимым не простое увеличение или уменьшение контраста объекта, но одновременное усиление одних и снижение других контрастов, например, усиление цветовых или яркостных контрастов при

максимальном снижении теневых. Такие требования возникают при съемке слабо различаемых следов текстов (выцветших, вытравленных, смытых, вытертых и т. п.), находящихся на неровных поверхностях (поврежденной при подчистке, вытравливании или смывании текста на бумаге, на измятой и потертой бумаге, на бумаге с грубой структурой, на деревянных досках, мешковой ткани и т. п.).

Иногда, наоборот, необходимо максимально повысить теневые контрасты при снижении или полном устранении цветовых, например, когда по вдавленным следам требуется восстановить текст, причем наряду с углублениями находятся мешающие чернильные или карандашные штрихи постороннего текста.

В описанных случаях, как правило, простое усиление контрастов фотографического изображения не дает желаемого результата, так как вместе с полезными контрастами одновременно усиливаются и мешающие. Применяемые методы должны приводить к усилению полезных контрастов при устранении или хотя бы значительном уменьшении мешающих. Такие результаты в полной мере или частично могут быть достигнуты с помощью правильного выбора условий освещения, светофильтров и фотоматериалов.

Изменение цветового контраста объекта описано в главе VIII. Методы изменения цветового контраста в большинстве случаев комбинируются с методами изменения яркостных и теневых контрастов.

Методы изменения яркостного и теневых контрастов. В ряде случаев яркостный контраст обусловлен различием в отражательной способности поверхностей объекта и фона либо сравниваемых друг с другом объектов; например, штрихи черных чернил и черной туши могут совершенно не отличаться друг от друга по цвету, но при определенных условиях освещения и рассматривания будут совершенно четко различаться по яркости. Это объясняется тем, что чернильный штрих в данном случае обладает диффузным или рассеянным отражением, а штрих туши — направленным.

Как показывает схема, приведенная на рис. V—1, количество света, отраженное тем или иным участком поверхности объекта, при направленном и смешанном

отражении
объекта
под кс
чаях диффуз
правленно-р
поверхности
с которой

яркость бу
отраженнь
Для д
рактуре о
ным являе
освещения
Фотогр
ладает те
мешающие
стей повер
Как по
объект осв
поверхност
этом объе
как, напри
хе, благода

отражении зависит от угла отражения. Поэтому яркость объекта будет одинаковой независимо от направления, под которым мы его будем рассматривать, только в случаях диффузного отражения. При направленном, направленном-рассеянном и смешанном отражении яркость поверхности будет зависеть от местоположения точки, с которой мы будем ее рассматривать. Максимальной

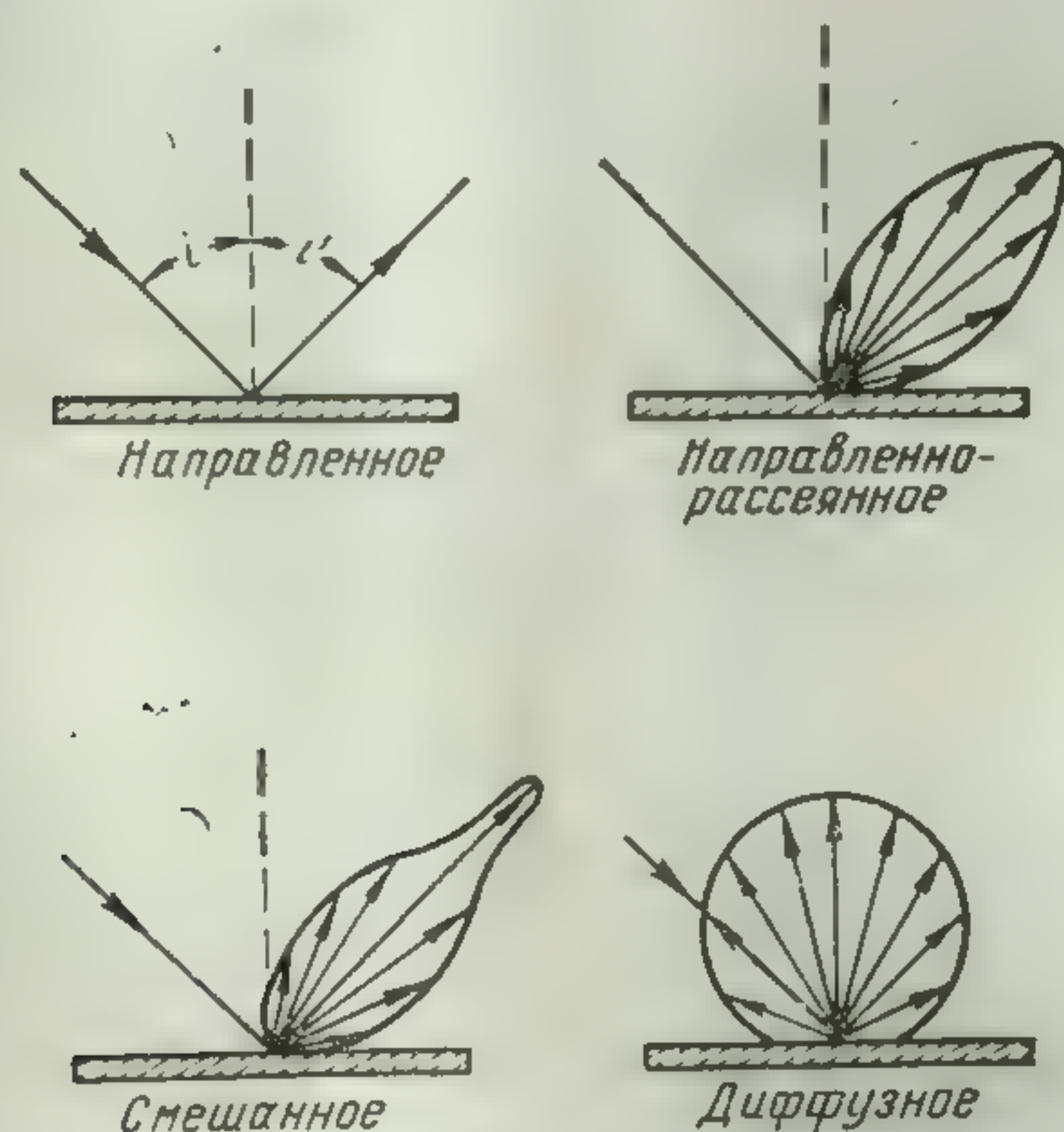


Рис. V—1. Кривая распределения света при разных видах отражения

яркость будет тогда, когда в глаз попадает зеркально отраженный луч.

Для дифференциации объектов по различию в характере отражения света их поверхностью рациональным является использование при съемке вертикального освещения объекта с помощью opak-иллюминатора.

Фотографирование с вертикальным освещением обладает тем преимуществом, что при нем устраняются мешающие теневые контрасты от различных неровностей поверхности объекта.

Как показано на схеме, приведенной на рис. V—2, объект освещается светом, падающим нормально к его поверхности и отражающимся под тем же углом. При этом объекты, обладающие зеркальным отражением, как, например, частички графита в карандашном штрихе, благодаря большому количеству отражаемого ими

света, представляются значительно более светлыми, чем объекты, обладающие диффузным отражением. Поэтому на фотоснимках, произведенных с вертикальным освещением объекта, хорошо видна разница между карандашными штрихами и штрихами, проведенными через копировальную бумагу, что дает возможность устанавливать наличие дописок и исправлений, произведенных

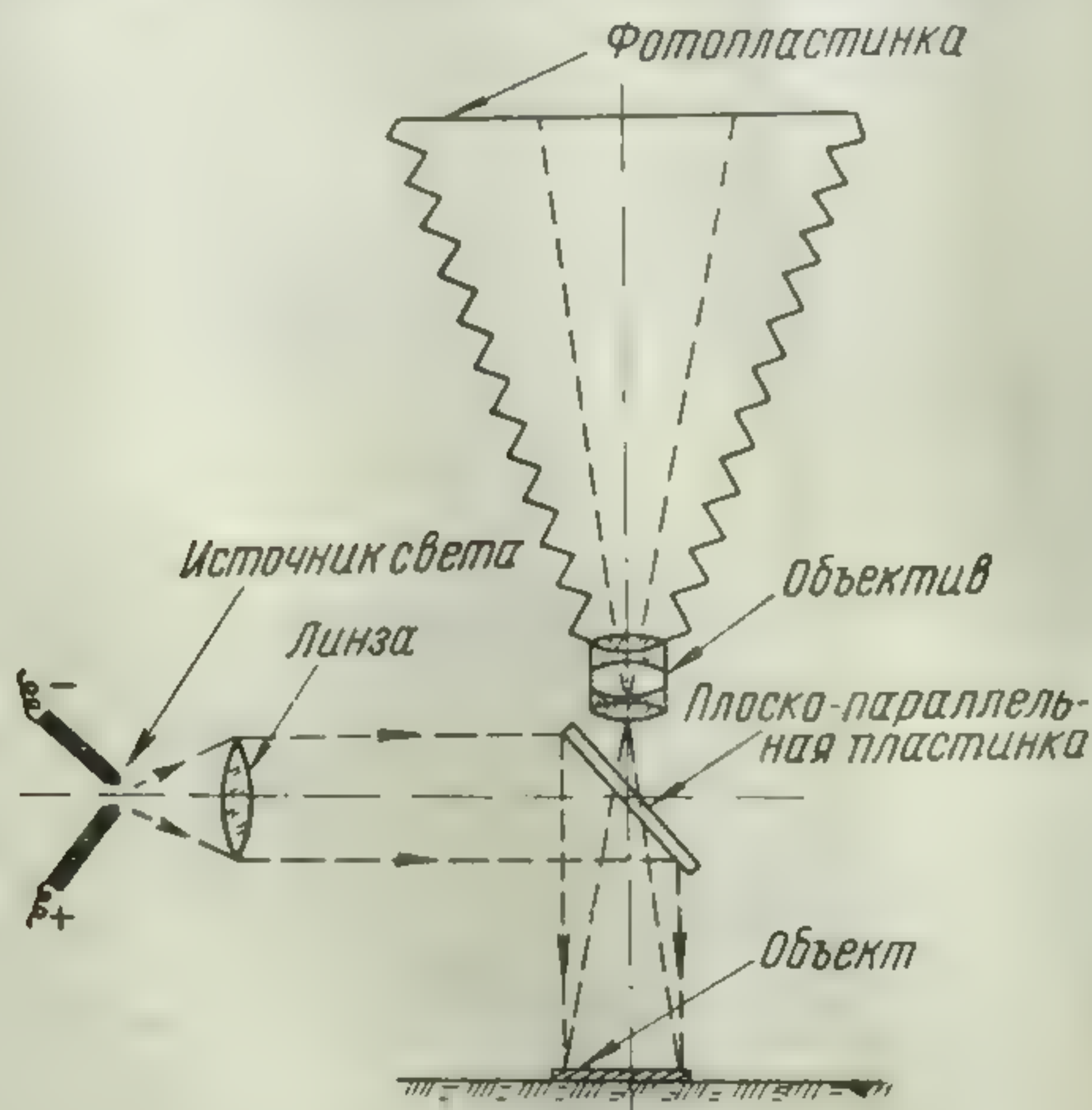


Рис. V—2. Схема фотографирования с вертикальным освещением объекта

карандашом в копиях документов. Результаты фотографирования в вертикальном освещении карандашных штрихов и записи, выполненной через черную копировальную бумагу, представлены на рис. V—3. Карандашные штрихи представляются состоящими из светлых частиц.

Этим способом можно дифференцировать штрихи различных сортов туши и др.

Зеркальное отражение зависит от состояния поверхности, что позволяет иногда установить хронологический порядок нанесения пересекающих друг друга карандашных и чернильных штрихов, карандашных штрихов и штрихов, проведенных через копировальную бумагу, карандашных штрихов и оттисков штампов и печатей.

Если на фотоснимке, в месте пересечения карандашного штриха чернильным или штрихом, проведенным через копировальную бумагу, светлая линия карандашного штриха прерывается и место пересечения представляется темным, значит чернильный штрих (или штрих, проведенный через копировальную бумагу) выполнен поверх карандашного. Но непрерывность светлого карандашного штриха в месте пересечения не всегда может свидетельствовать о более позднем его нанесении.

Чтобы выявить рельеф поверхности, в тех случаях, когда исследуются признаки подчистки (повреждения поверхности бумаги, взбуршенность волокон), вдавленные следы штрихов, какие-либо неровности поверхности предмета, при исследовании сургучных печатей и т. п., обычно применяется односторонне направленное освещение. Для этого используются осветители типа ОИ-7 или ОИ-9. Угол падения света и расстояние между источником света и объектом определяются в каждом конкретном случае, в зависимости от размеров исследуемого участка, глубины рельефа и прочих условий. Чем менее выражен рельеф, тем под меньшим углом к поверхности должен быть направлен свет. При подобном освещении контраст объекта создается тенями, образуемыми вдавленными и выпуклыми местами объекта.

Пример использования одностороннего освещения при исследовании рельефных следов вытертой записи, находящихся на оборотной стороне документа, представлен на рис. V—4.

Фотографирование в одностороннем направленном освещении дает хорошие результаты в тех случаях,

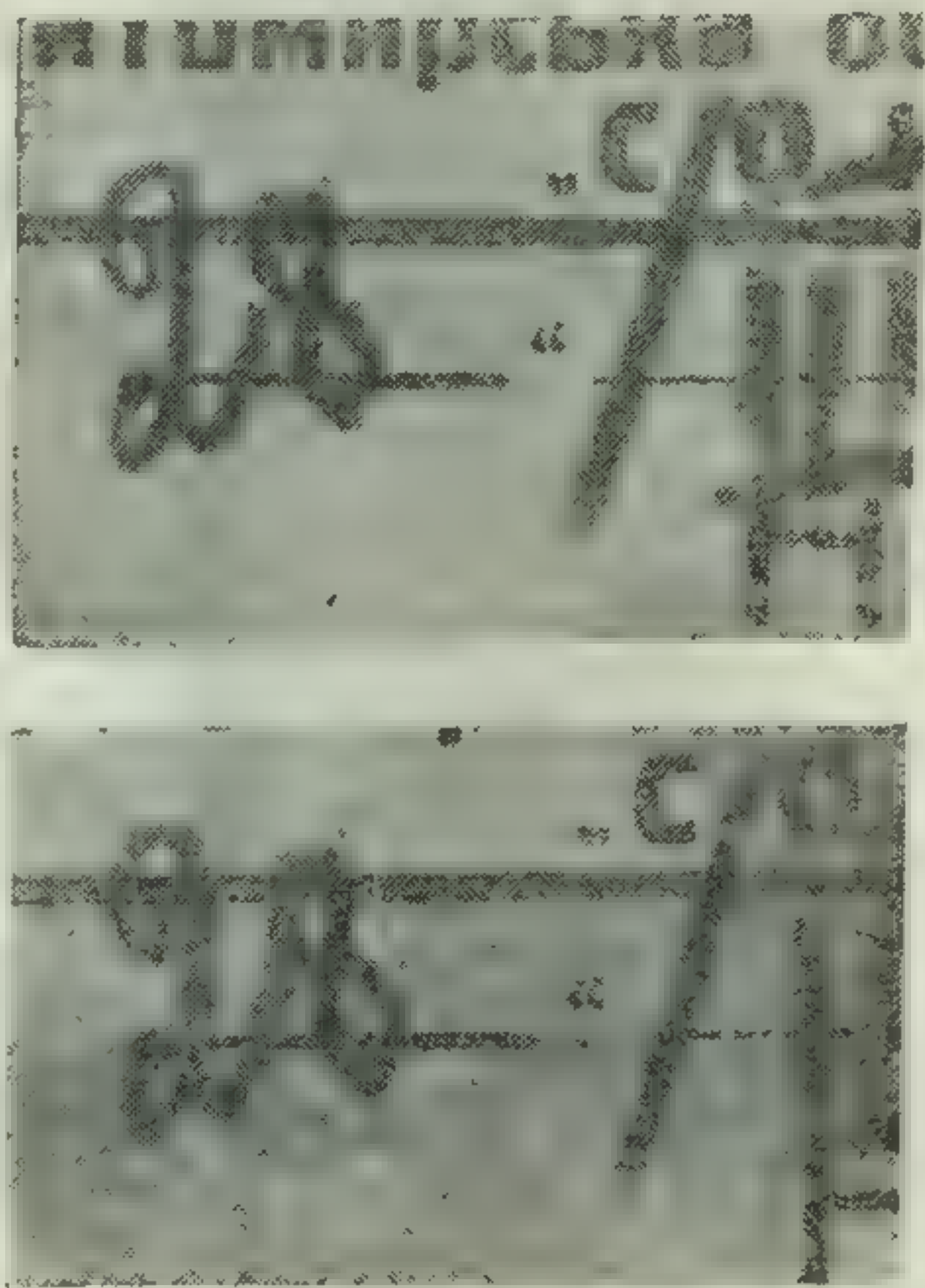


Рис. V—3. Снимки карандашной дописки в обычном и вертикальном освещении

когда исследуемые выпуклые или вогнутые детали находятся на гладкой, ровной поверхности, что в практике встречается относительно редко; если же бумага исследуемого документа шероховата, измята, имеет складки и т. п., то тени, образуемые этими складками и иными неровностями, маскируют собой исследуемые теневые детали. Кроме того, недостатком этого метода является

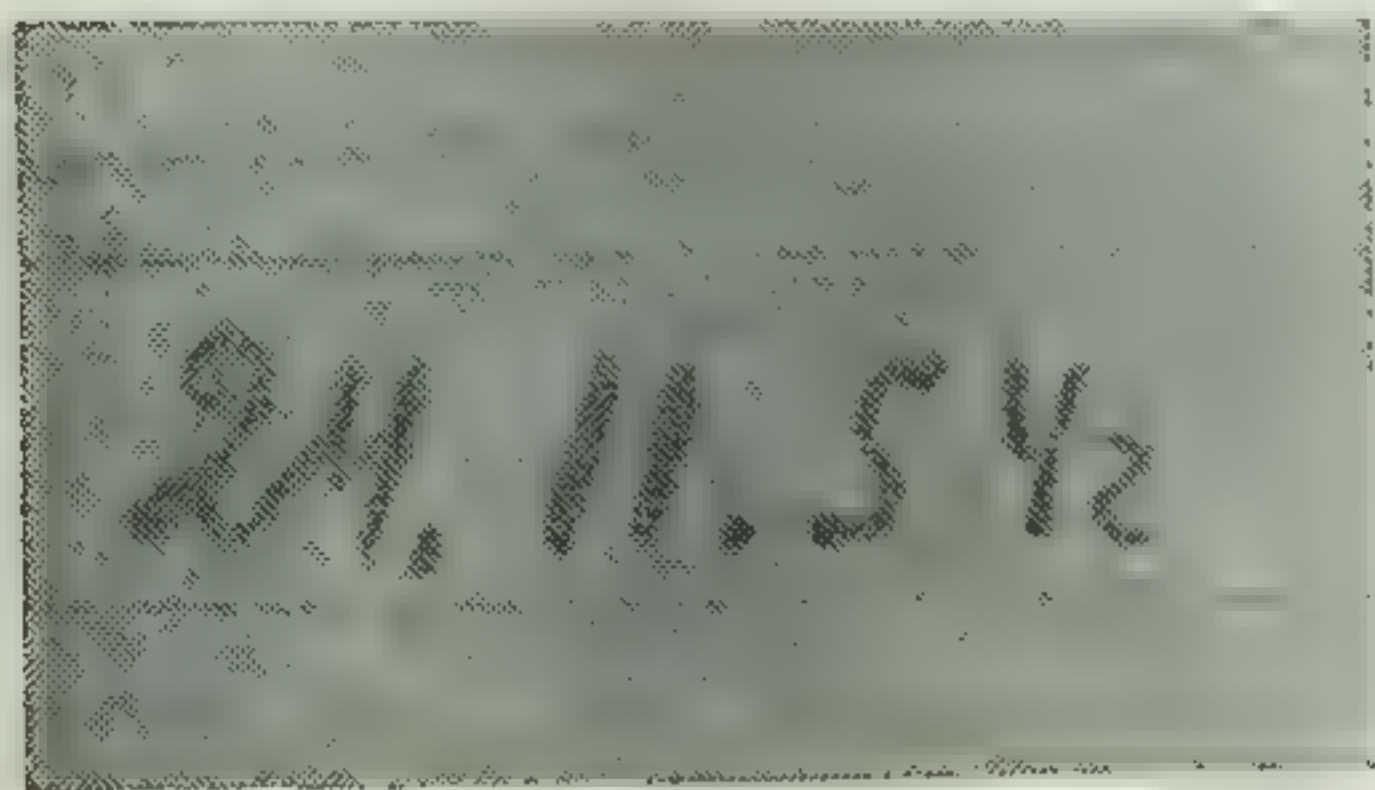


Рис. V—4. Снимки вдавленных следов цифр в одностороннем освещении

неравномерная освещенность, особенно сказывающаяся при сколь угодно значительных размерах объекта.

Если вдавленность или выпуклость имеет (в проекции) квадратную форму, то на снимке, произведенном в одностороннем освещении, мы будем иметь изображение лишь тени, образуемой одной из граней, как именно — зависит от расположения источника света, причем размеры (длина) тени будут тем больше, чем меньше угол, под которым расположен источник света к освещаемой поверхности. Поэтому

для наиболее полного воспроизведения формы исследуемой рельефной детали было предложено производить последовательно четыре снимка исследуемого объекта, не изменяя установки, но изменяя расположение источника света, а затем при позитивной печати суммировать все четыре изображения, как это показано на рис. V—5.

Иногда для выявления формы рельефных объектов достаточно произвести только два снимка, освещая объект с двух противоположных сторон; при этом важно выбрать направление освещения.

Таким образом, для полного воспроизведения формы рельефного объекта необходимо произвести не менее двух и не более четырех снимков.

В те
ляются

стей соз
ваться д

правленным
показано н
возникающи
8*

В тех случаях, когда объектом исследования являются только вдавленные следы, а тени от выпукло-

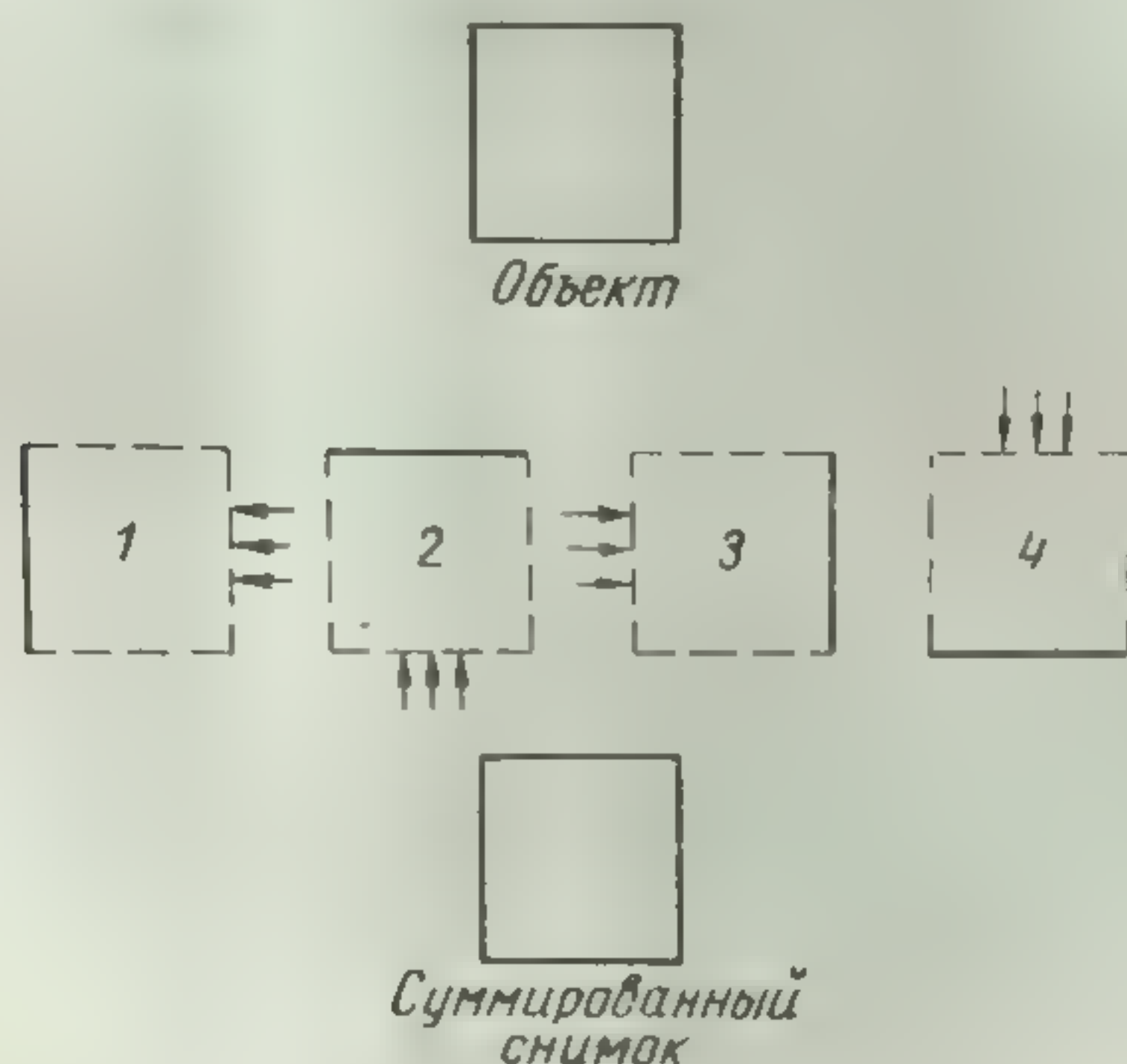


Рис. V—5. Схема получения суммированного снимка из 4-х снимков с односторонним освещением

стей создают мешающие контрасты, удобнее пользоваться двухсторонним или даже четырехсторонним на-

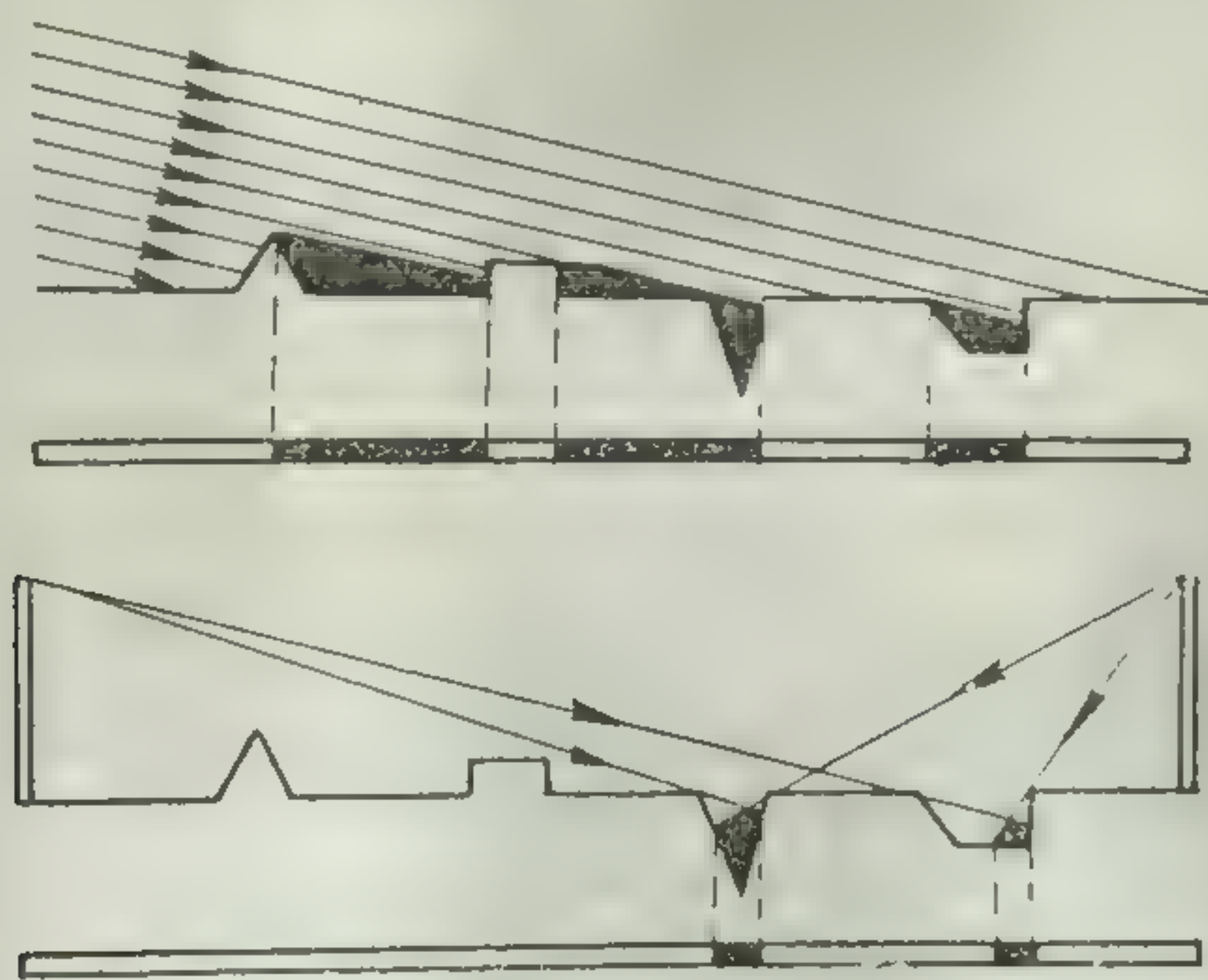


Рис. V—6. Схема образования теней при одностороннем и двухстороннем скользящем освещении

правленным (скользящим) освещением. При этом, как показано на схеме рис. V—6, тени от выпуклостей, возникающие при одностороннем освещении, почти

устраняются и на фотоснимке получается только изображение вдавленного рельефа. Изображение вдавленностей на полученных фотоснимках обладает четкими границами, что позволяет произвести в случае надобности (при сравнительном исследовании) измерения объектов; освещенность фотографируемого объекта равномерна. Фотоснимок вдавленных следов текста на измятой бумаге, произведенный с двухсторонним скользящим освещением объекта, представлен на рис. V—7.

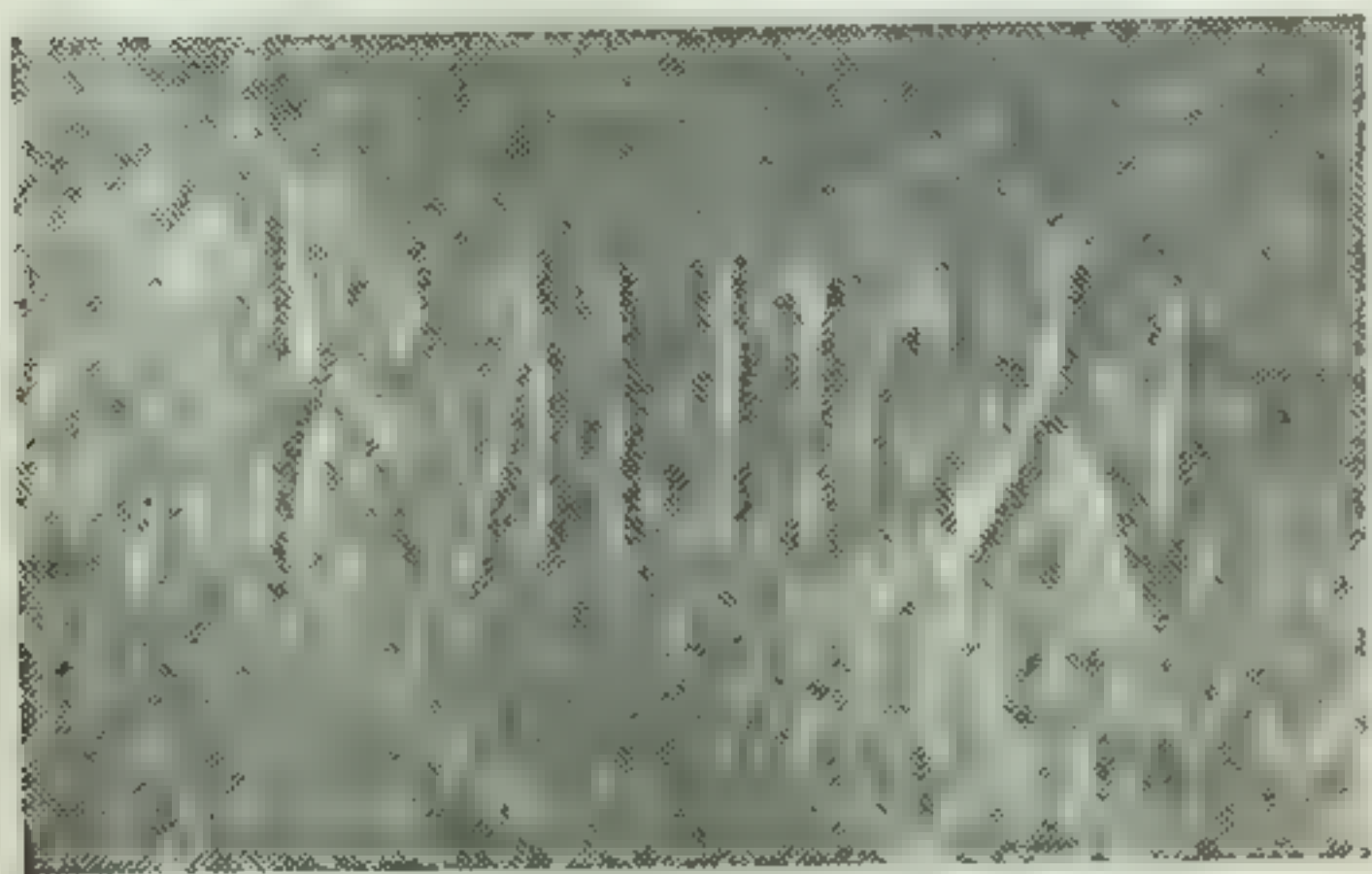


Рис. V—7. Фотоснимок вдавленных следов на измятой бумаге при двухстороннем освещении

затертых карандашных штрихов на измятой бумаге, бледно окрашенных штрихов надписей или оттисков штампов на деревянных предметах, мешках и т. п. С целью устранения теневых деталей при возможно полном сохранении яркостных деталей объекта на фотоснимке фотографирование производится при так называемом бестеневом освещении. Сущность этого метода фотографирования заключается в том, что объект помещается внутри светорассеивающего цилиндра и освещается при помощи кольцевого осветителя, как это показано на схеме, представленной на рис. V—8. При этом исследуемый объект освещается равномерно со всех сторон поверхностью рассеивателя. Материалом для изготовления светорассеивающего цилиндра может служить молочное стекло, матированный плексиглас или просто пергаментная бумага. Лампочки осветителя должны быть расположены достаточно высоко по отношению к фотографируемой поверхности объекта, так как при расположении их ниже определенной высоты устраняются лишь тени, образуемые выпуклостями объекта,

и сохраняются тени от вдавленностей. При расположении же источников света на достаточной высоте устраняются все теневые контрасты и сохраняются только собственно яркостные (или цветовые), вызываемые различием в отражении света разными участками объекта.

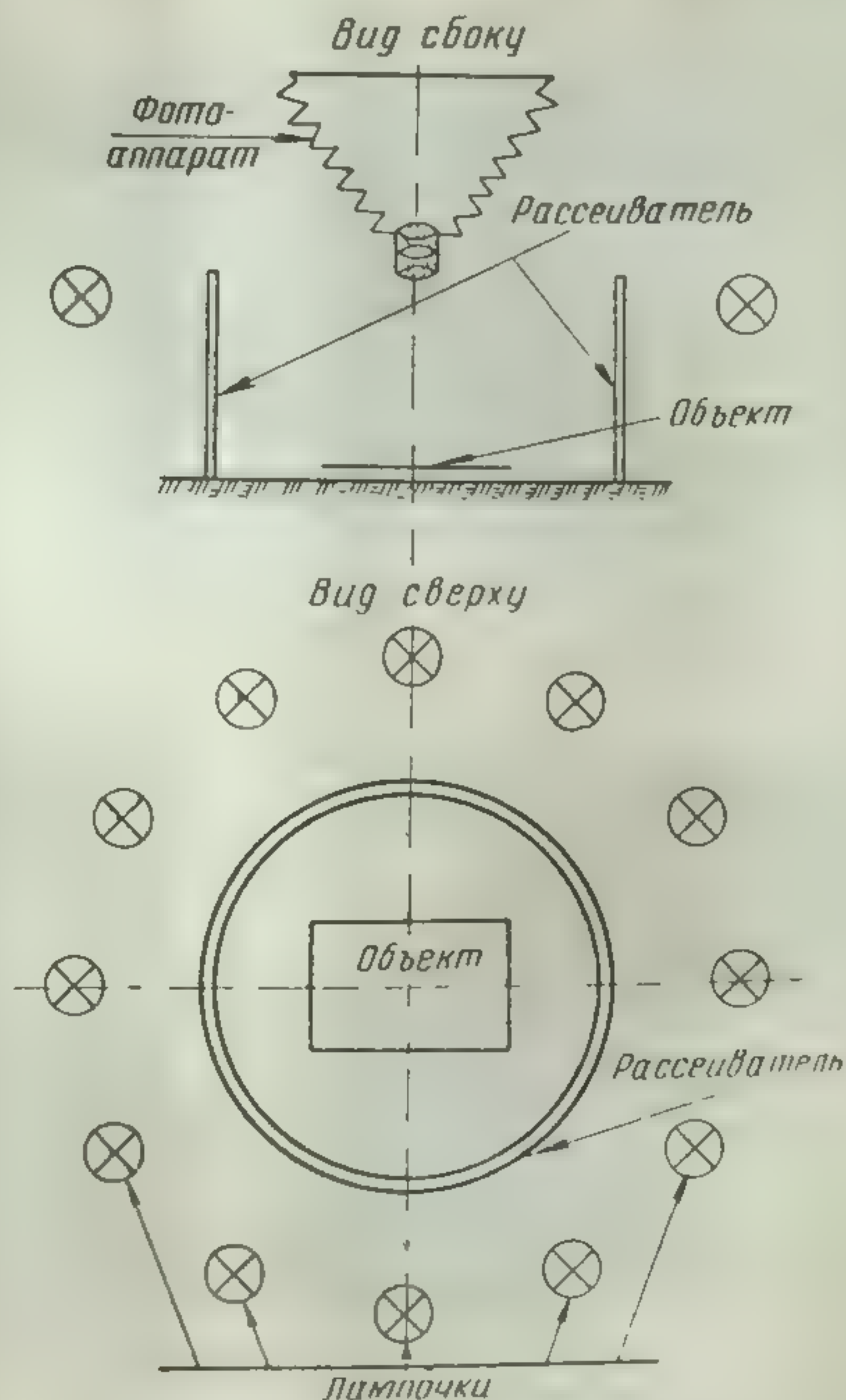


Рис. V—8. Схема фотографирования в бестеневом освещении

Пример восстановления вытертой записи путем фотографирования в условиях бестеневого освещения представлен на рис. V—9.

Изменение контраста фотографического изображения. В судебной исследовательской фотографии, как было указано ранее, наиболее часто приходится иметь дело с очень малыми деталями яркостей, которые оказываются воспроизведенными в

изображении очень малыми различиями почернений. Иногда при некоторых специальных видах съемки приходится производить фотоснимки с заведомой недодержкой. В подобных случаях уместно прибегнуть к методам повышения контрастов готового фотографического изображения, а именно к методам усиления.



Рис. V—9. Фотоснимки вытертой записи в обычном и бестеневом освещении

Принцип усиления состоит в том, что на первоначальные плотности изображения тем или иным способом наращиваются добавочные плотности и таким образом увеличиваются и плотности, и различия между ними, т. е. контрастность. Методы усиления контрастов уже давно были рекомендованы для целей судебной фотографии в качестве самостоятельного метода исследования; были разработаны специальные, особо мощные методы усиления контрастов, не находившие себе при-

менения в натурной фотографии и кинематографии. Такими специальными, классическими методами усиления контрастов в судебной фотографии являются метод совмещения пленок Буринского, неправильно названный им «цветоделением», и озобромный метод Фаворского.

Метод Буринского заключается в совмещении снятых со стекла двух или нескольких коллодионных пленок с одинаковыми изображениями одного и того же объекта. Понятно, что при этом происходит строго пропорциональное увеличение плотностей и контрастности, однако громоздкость и трудоемкость этого метода помешали его широкому применению. Из модификаций метода Буринского нужно отметить разработанный Эйсманом метод совмещения изображений нескольких негативов при помощи «оптического мультипликатора», в котором кропотливый процесс отделения пленок от подложки и совмещения их между собой заменяется сложением оптических изображений негативов.

Весьма большое усиление плотностей дает озобромный метод, разработанный В. И. Фаворским. Процесс этот состоит в следующем: к задубленному формалином подлежащему усилению негативу (или позитиву) прикатывается пропитанная озобромирующим раствором пигментная бумага, с которой он остается более или менее продолжительное время в контакте; затем негатив вместе с бумагой погружается в горячую воду; при этом бумага отделяется, а на негативе остается пигментная масса в тех местах, где находится изображение. Отбеленное озобромирующим раствором изображение восстанавливается проявителем или раствором сернистого натрия. Недостатком этого метода является необходимость предварительного удаления вуали. Поскольку усилению обычно подвергаются изображения, состоящие из малых плотностей, предварительное ослабление всегда создает опасность уничтожения деталей в прозрачных местах негатива. Кроме того, озобромный процесс весьма капризен, зависит от случайных факторов и поэтому не является достаточно надежным в работе.

Произведенные количественные исследования показали, что ряд описанных в фотографической литературе методов усиления, будучи значительно более простыми

и менее громоздкими, чем указанные специальные методы, обеспечивают в то же время достаточно большое увеличение контрастности. То обстоятельство, что большинство усилителей не обладает строго пропорциональным действием для большого диапазона плотностей, не имеет особенного значения, так как интервал плотностей усиленного изображения обычно оказывается значительно превосходящим величину фотографической широты фотобумаги и, таким образом, часть фотографических деталей негатива оказывается так или иначе не воспроизведенной в позитиве.

В то же время некоторые из методов усиления обеспечивают значительное повышение контрастов именно в области очень малых плотностей изображения, выпрямляя нижний криволинейный участок (область недодержек) характеристической кривой, и таким образом могут с успехом быть использованы для исправления недоэкспонированных снимков, а также для усиления контрастов изображения, состоящего из малых плотностей.

Из наиболее эффективных в этом отношении методов следует назвать:

1. Свинцовый усилитель, рекомендуемый обычно для обработки штриховых негативов.

Негатив отбеливается в ванне, составленной из равных объемов двух растворов:

раствор А:	красной кровяной соли	10 г
	воды	до 100 мл
раствор Б:	уксуснокислого свинца	5 г
	уксусной кислоты (концентрированной)	1 мл
	воды	до 100 мл

После полного отбеливания изображения негатив промывается не менее 20 мин. (до исчезновения желтизны), а затем чернится в 2%-ном растворе сернистого натрия. В процессе промывки негатив следует обработать 1%-ным раствором азотной кислоты. При указанных условиях усилитель работает чисто, не давая заметного усиления вуали.

2. Урановый усилитель. Известно большое количество рецептов усилителей с азотнокислым или уксуснокислым уранилом, обладающих различием действий.

Из
ших
стях,
10%
Насыщен
10%
10%
Воды

Негатив об
пока изображ
окраску, зате
начнет стека
слоем, а не п
сушить). В
ным образом
3. Усилени
сителями.

Изображе

лимоннок
сернокис
роданист
уксусной
воды

После от
затем изобр
какого-либо
ной кислотой
ватного там
для окрашив
сафранин, х
рамин, а та
вый, метиле
указанных к
торые обеспе
ния, т. е. кра
этих красите
ле окрашива
сменах воды
стков; для
нять ванну из

Из модификаций уранового усилителя, обеспечивающих значительное усиление контраста в малых плотностях, можно привести следующий рецепт:

10% раствора уранила уксуснокислого . . .	10 мл
Насыщенного раствора щавелевой кислоты . . .	5 »
10% раствора красной кровяной соли . . .	4 »
10% раствора соляной кислоты	10 »
Воды	до 100 мл

Негатив обрабатывается в этом растворе до тех пор, пока изображение не приобретет красновато-коричневую окраску, затем промывается короткое время (когда вода начнет стекать с эмульсионной поверхности ровным слоем, а не полосками, следует прекратить промывку и сушить). В данном случае усиление происходит главным образом за счет изменения окраски изображения.

3. Усиление путем вирирования органическими красителями.

Изображение отбеливается в растворе:

лимоннокислого калия	6 г
сернокислой меди	4 г
роданистого калия (или аммония)	2 г
уксусной кислоты (концентрированной)	3 мл
воды	100 мл

После отбеливания следует промывка 12—15 минут, затем изображение окрашивается 1%-ным раствором какого-либо основного красителя, подкисленным уксусной кислотой; окрашивание производится при помощи ватного тампона, пропитанного раствором красителя; для окрашивания могут быть использованы красители: сафранин, хризоидин, родамин, фуксин (основной), аурамин, а также основной зеленый, основной фиолетовый, метиленовый синий; однако для целей усиления из указанных красителей следует применять только те, которые обеспечивают неактиничную окраску изображения, т. е. красные, оранжевые и желтые, а также смеси этих красителей (например, фуксин с аурамином). После окрашивания изображение промывается в нескольких сменах воды до удаления красителя из прозрачных участков; для ускорения процесса отмычки можно применять ванну из 2%-ного раствора соляной кислоты.

4. Хромовый усилитель следующего состава:

двуххромовокислого калия	1 г
соляной кислоты (концентрированной)	1 мл
воды	100 мл

После отбеливания следует тщательная промывка (до удаления желтоватой окраски) и обработка обычным проявителем.

Перед усилением любым из указанных способов негатив должен быть тщательно промыт.

Подвергшийся усилению недоэкспонированный негатив в смысле качества передачи минимальных деталей яркости объекта в лучшем случае только приближается к нормально экспонированному изображению; к тому же усиление сопровождается такими нежелательными явлениями, как увеличение зерна изображения. Поэтому методы усиления следует применять лишь как вспомогательное средство для повышения контраста или же как средство исправления недоэкспонированных негативов.

В тех случаях, когда негатив является единственным и повторное фотографирование по тем или иным причинам сопряжено с затруднениями или просто невозможно, усилению лучше подвергать не негатив, а напечатанный с него диапозитив, с которого после усиления снова печатается негативное изображение.

Процесс контратипирования, т. е. изготовление диапозитива и второго негатива, или так называемого контратипа, сам по себе может являться достаточно эффективным средством усиления контрастов и довольно широко используется с этой целью в судебной фотографии. При этом, однако, необходимо соблюдение следующих условий: во-первых, для изготовления диапозитива и контратипа следует использовать наиболее контрастные и обладающие наиболее мелкозернистым слоем фотоматериалы, лучше всего диапозитивные пластинки или несенсибилизированную фототехническую пленку; во-вторых, при печати как позитива, так и контратипа экспозицию нужно подбирать таким образом, чтобы изображение наиболее важных деталей приходилось на прямолинейный участок характеристической кривой, т. е.

при нормальном проявлении состояло бы из средних плотностей.

При изготовлении контратипа необходимо тщательно контролировать получаемые изображения, так как при неправильном подборе экспозиции может произойти потеря подлежащих усилению деталей.

Кроме того, в зависимости от характера объекта, слишком большое увеличение контрастности снимка может привести к уменьшению различаемости деталей, в особенности, если при контратипировании усиливаются мешающие контрасты. Поэтому для получения контратипа иногда целесообразно применять менее контрастные пластинки; подбор контрастности позитива и контратипа производится методом проб с визуальным контролем изображения.

Контроль процесса контратипирования рекомендуется производить при помощи градационного клина с нумерованными полями, фотографируемого вместе с объектом. Поле клина, обладающее примерно той же яркостью, что и исследуемая деталь, должно быть заметно и в диапозитиве, и в контратипе.

Методы ослабления могут быть использованы в тех случаях, когда контраст негатива слишком велик в силу тех или иных причин (чрезмерно велик контраст объекта съемки, фотографирование произведено на слишком контрастном материале для данного объекта, негатив перепроявлен) и простым подбором фотобумаги невозможно получить удовлетворительную проработку деталей в светах и тенях позитива.

Кроме того, иногда приходится прибегать к ослаблению для удаления слишком большой вуали или уменьшения плотности негатива или позитива (при перержке).

Сущность ослабления заключается в удалении части серебра из изображения путем перевода его в соединения, растворимые в воде или кислоте, или в растворе гипосульфита и других солей. Характер действия различных ослабителей различен.

Наиболее распространенным является ослабитель Фармера, состоящий из:

красной кровяной соли	от 1 до 2 г
гипосульфата	15 г
воды	до 100 г

Раствор готовится перед употреблением и годится только для одноразового применения.

Хорошо промытый негатив обрабатывают этим раствором до необходимой степени ослабления, затем промывают. Ввиду энергичного действия ослабителя необходимо очень внимательно следить за процессом ослабления. Такой ослабитель при не слишком длительном времени обработки почти полностью сохраняет контрастность изображения и может быть использован для удаления вуали и снижения общей плотности передержанного негатива или позитива. Однако действительное исправление передержки ослаблением не достигается, так как никакие ослабители не могут обеспечить повышения контраста изображения.

Ослабитель с красной кровяной солью, но с меньшей концентрацией ее, чем в указанном выше рецепте, а именно:

Красной кровяной соли . . .	от 0,3 до 0,5 г
Гипосульфита	15 г
Воды	100 мл

действует в большей степени на большие плотности, чем на малые, и таким образом снижает контраст изображения.

Эффект ослабления может быть также получен с помощью так называемого метода гармонизации, который состоит в отбеливании изображения и вторичном неполном его проявлении. Отбеливание можно производить в любом быстро действующем отбеливающем растворе, например:

двуххромовокислого калия . . .	5,0 г
соляной кислоты (концентрированной)	20 мл
воды	до 100 мл

После полного отбеливания негатив промывается минут 20 проточной водой и проявляется вторично до необходимой степени, а оставшаяся невосстановленной часть отбеленного изображения растворяется в фиксажном растворе. Второе проявление следует вести в медленно работающем, например разбавленном вдвое, проявителе. Степень ослабления находится в обратной зависимости от степени второго проявления, после про-

в 4-х частях
проще всего
Применение
когда требуется
Каждый раз
определенном
вместо улучшения
вести к порче
Так, ослабитель
пригоден для
плотности при
Метод гармонизации
проявленных изображений
произведенных на
объекта материала
бражения объектов
мерным контрастом

§ 3. Различия

В судебной фототехнике
можно ли в фотографии
талии, невидимые
речь идет о восприятии
тических объектов
при помощи цветной
нии в невидимой
ском снимке зафиксированности.
Фотографическим способом
наименьшую экспозицию
данной экспозиции.
Иначе говоря, с целью
давать в виде
стях весьма малых
В чувствительности
ходя из основной
дается мнение
графического

явления негатив следует, сполоснув водой, перенести в фиксаж. Если ослабление окажется недостаточным, процесс может быть повторен.

Применение этого метода уместно в тех случаях, когда требуется исправить перепроявленный негатив.

Каждый вид ослабителя может оказать помощь в определенном случае и, будучи применен не к месту, вместо улучшения качества изображения может привести к порче его.

Так, ослабитель Фармера по характеру его действия пригоден для уничтожения вуали и для уменьшения плотности при передержке.

Метод гармонизации уместен для исправления перепроявленных изображений, для исправления негативов, произведенных на слишком контрастных для данного объекта материалах и для уменьшения контраста изображения объектов, самих по себе обладающих чрезмерным контрастом.

§ 3. Различение слабовидимых деталей в судебной фотографии

В судебной фотографии очень важен вопрос о том, можно ли в фотографическом изображении получить детали, невидимые глазом в объекте. В данном случае речь идет о воспроизведении одноцветных или ахроматических объектов (черно-белых), так как известно, что при помощи цветоделения, а также при фотографировании в невидимой части спектра можно на фотографическом снимке зафиксировать невидимые глазом особенности. Фотографическая деталь, под которой мы понимаем наименьшую деталь яркости, передаваемую фотографическим слоем в виде различных почернений при данной экспозиции, не может быть меньшей, чем 0,01. Иначе говоря, способность фотографического слоя передавать в виде различных почернений разницу в яркостях весьма мало или почти не отличается от контрастной чувствительности глаза.

В криминалистической литературе очень часто исходя из основных сенситометрических понятий высказывается мнение о том, что, усиливая контрастность фотографического изображения, на фотографическом снимке

можно выявить детали, не различимые глазом в объекте съемки.

Обычно при этом ссылаются на методы Буринского и Фаворского, которые рассматривали усиление как самостоятельный метод исследования.

Однако Буринский пользовался коллодионными пластинками, дающими недостаточную плотность изображения; эти пластинки без усиления вообще не применяются; результаты Буринского зависели в основном от спектральной чувствительности фотоматериалов.

В работах Фаворского отсутствовала количественная оценка усиления. Простой расчет показывает, что при совмещении изображений наложение одного изображения увеличивает плотность, а следовательно, и контрастность в 2 раза; урановый же усилитель усиливает плотности в 5—6 раз; для того чтобы достичь такого усиления плотности, необходимо было бы сложить 5—6 негативов.

Как показала количественная оценка озорного усиления, за один прием можно увеличить оптические плотности в 7—8 раз, однако получаемый эффект непостоянен и зависит от многих привходящих факторов.

Количественным исследованием процесса фотографического воспроизведения установлено, что при печати позитива при любом увеличении контраста не может быть получено значение фотографической детали меньше, чем в негативе. Повышение градиента характеристической кривой негативного материала возможно только до известного предела, дальше которого наступает ухудшение передачи малых деталей яркости объекта.

Можно ожидать, что детали яркости объекта съемки, меньшие минимально различимой величины, все же запечатлены на негативе различными, хотя и не различаемыми глазом, почернениями и что, печатая на достаточно контрастном позитивном материале или усиливая негатив, можно сделать различимой на позитиве эту не различимую глазом разницу почернений. Е. Ю. Брайчевской показано, что в области недодержки в негативе действительно находятся почернения, не различимые ни глазом, ни при помощи приборов; они могут быть сделаны видимыми в результате усиления, но при любых условиях после усиления величина фотографической детали яркости остается большей 0,01.

Причина всех вышесказанных закономерностей объясняется светорассеянием в фотографическом слое.

Увеличение контрастности фотографического изображения, в особенности путем контратипирования, следует производить до известного предела, по достижении которого различаемость деталей в изображении начинает ухудшаться.

Эти положения подтверждаются и практикой. Обычно при усилении фотографического снимка становятся хорошо видимыми те детали, которые уже так или иначе были заметны на негативе. В результате усиления невозможно получить на фотографическом снимке такие детали, которые не различались в натуре глазом, хотя в результате усиления на негативе можно получить такие градации, которые не различались в негативе и которые соответствуют деталям, видимым в натуре.

Отсюда следует сделать вывод, что на фотографическом снимке нет возможности получить такие детали, которые не различаются глазом в натуре.

При исследовании криминалистических объектов никогда не приходится встречаться с теми идеальными условиями, которые создаются в фотометрах при исследовании контрастной чувствительности глаза. Обычно мало различимые детали находятся на фоне, яркость которого неравномерна. Подобные условия наблюдения в значительной мере сказываются на величине порога различаемости.

Малейшее разнообразие в рассматриваемой поверхности влечет за собой увеличение порога различаемости.

Большое влияние на контрастную чувствительность глаза имеет и резкость контуров. Чем более резка граница между сравниваемыми полями, тем меньшим является порог контрастной чувствительности глаза.

Резкие границы способствуют узнаванию окружающего. В данном случае приходится иметь дело с чисто психологическим фактором. Резкий контур является единственным признаком правильной аккомодации и конвергенции.

С этими факторами приходится в очень большой степени считаться при восстановлении, например, слабо видимых текстов, замазанных или вытертых надписей и т. д. Влияние неравномерности полей и нерезкости контуров сказывается при рассмотрении не только объекта,

но и снимка. Вследствие этого необходимо применение средств, которые позволили бы увеличить различаемость деталей помимо простого увеличения контрастов.

Одним из средств подобного рода является применение контактных осветителей — диффузоров, разработанных К. А. Букатиным, которые уменьшают неравномерности яркости фона и способствуют различаемости деталей.

Принцип действия этих диффузоров заключается в наложении на рассматриваемый или фотографируемый объект среды, диффузно рассеивающей свет. В качестве таковых могут быть применены бумага, тонкослойные молочные стекла, матовые стекла, неотфиксированные пластинки или равномерно проявленные и затем отбеленные фотослои.

Наилучшие результаты дают диффузоры, изготавливаемые путем полива на стекло желатины, содержащей сернокислый свинец или сернокислый барий. Рецепт изготовления этих диффузоров следующий.

Диффузор с сернокислым свинцом:

Раствор I

10%-ный раствор желатины	50 мл
свинец азотнокислый	5 г

Раствор II

10%-ный раствор желатины	50 мл
Натрия сульфат (кристаллический)	5 г

Растворы смешиваются, поливаются на стекло. После застуденения слой промывается в дистиллированной воде в течение 15—20 мин.

Диффузоры приготавливаются различной плотности: № 1 — раствор разбавляется водой в 2 раза и поливается из расчета 5 мл на пластинку 9×12 ; № 2 — раствор без разбавления поливается из расчета 5 мл на пластинку 9×12 ; № 3 — раствор без разбавления поливается из расчета 10 мл на пластинку 9×12 .

Нужно учитывать, что диффузоры имеют небольшую разрешающую способность и понижают резкость границ.

Наблюдение или фотографирование объекта производится через диффузоры, приведенные в контакт с его поверхностью; в результате применения диффузоров удается устранить влияние пятен, складок бумаги и про-

чих неравномерностей яркости фона, которые мешают прочесть текст.

Для повышения различаемости деталей необходимо пользоваться следующими путями.

Основным изображением, в котором в наибольшей степени передаются детали яркости объекта, является негатив. Он может быть подвергнут усилению, и в нем могут появиться градации, не замечаемые глазом, но в негативе не будут видны детали яркости объекта, невидимые в объекте.

Печать позитива с негатива, производимая на контрастных материалах, и усиление изображения могут увеличить контраст изображения и тем самым в некоторых случаях способствовать различаемости деталей; однако минимальная фотографическая деталь в позитиве не может быть меньшей, чем в негативе.

Для получения достаточно малой величины фотографической детали при печати позитива должна быть точно подобрана экспозиция.

Практика восстановления слабо видимых деталей показывает, что детали гораздо лучше различаются в негативе, чем в позитиве, напечатанном даже с увеличением контрастов. Происходит это вследствие многих причин. Предположим, подлежат исследованию темные тонкие линии на светлом фоне. В негативе эти линии будут изображены светлыми участками на темном фоне. При одинаковой оптической плотности линий в позитиве и фона в негативе белая линия на темном поле в негативе будет более ясно различима, чем темная линия на белом фоне.

Кроме того, потеря контрастности в изображении зависит от соотношения размеров объектов, обладающих большой и малой яркостью. В том случае, если на большом темном поле находится небольшой светлый объект, интервал яркости будет большим, чем в противном случае. Объясняется это распределением рассеянного света.

Таким образом, во всех случаях наиболее благоприятным для рассматривания является первоначальный негатив.

Рассматривание негативов на прозрачной подложке необходимо производить при равномерном не слишком ярком освещении — лучше всего в негатоскопах.

Следует избегать большого увеличения и в некоторых случаях даже прибегать к уменьшению изображения. Этим можно повысить резкость контуров детали.

Печать позитива с негатива следует вести всегда с визуальным контролем по негативу, сопровождаемым контролем по градационному клину, снятому вместе с объектом.

Рассматривание позитива следует производить при не слишком ярком освещении, при котором не может произойти ослепление и повышение порога контрастной чувствительности глаза.

Особого внимания требуют условия рассматривания самого объекта, которое желательно производить с контролем по фотографическому снимку. Изучение объекта должно происходить при оптимальном уровне освещения, причем следует пользоваться бестеневым освещением (можно применять опаловые лампы, закрывать источник света матовым стеклом; пользоваться несколькими источниками света).

Диффузоры, предложенные Е. А. Букатиным, позволяют уменьшить влияние неравномерностей яркости поля не только при рассматривании объекта, но и при проекционной печати.

Возможно повысить различаемость деталей путем образования темных или светлых контуров около изображения; в некоторых случаях не обязательно, чтобы контур окружал все изображение; например, для различения линии будет достаточным, если светлый или темный контур будет находиться только у одной ее стороны.

Контур изображения могут быть получены путем маскирования, заключающегося в том, что негатив совмещается с позитивом. При сдвиге позитива по отношению к негативу у края изображения будут наблюдаться более светлые или более темные полосы. Контур также могут быть получены и в том случае, если размеры маски (позитивного изображения) не будут равны негативному изображению. В зависимости от соотношения размеров изображения и маски могут быть получены светлые или темные контуры.

Практически процесс маскирования можно применить для решения различных задач судебной фотографии:

1. В объекте
шие значения;
кие детали, ко
мость этих пост
ше, если окаже
большие поля. Д
рствание с неболь
часть обширного
таль останется
стью, причем ещ
дет с одной
иметь темный ил
рот, светлый ко
рис. V—10а и
Таким образом,
сделать более за
слабо видимые
например, вытер
ста.

2. При помо
цесса маскирован
но выявить дета
рые вследствие
или неравномерн
сти поля оказ
плохо различимы
В маскирован
чить случайные
деталей самого об
Для повышени
лей может быть
Если мы буде
щуюся проекцию
что плотность фо
ва, то при дос
устройства с обт
гание детали; ярк
менной.

Схема прибора
проекторы, 2 — м
5 — трансформатор
мотора регулирует
нять плотность об

1. В объекте находятся обширные участки, не имеющие значения; возле этих участков находятся более мелкие детали, которые необходимо выявить. Различимость этих последних деталей будет значительно больше, если окажется возможным закрыть или убрать большие поля. Для этой цели можно применить маскирование с небольшим сдвигом маски. При этом большая часть обширного поля будет исключена, а мелкая деталь останется полностью, причем еще она будет с одной стороны иметь темный или, наоборот, светлый контур—см. рис. V—10а и V—10б. Таким образом, удастся сделать более заметными слабо видимые штрихи, например, вытертого текста.

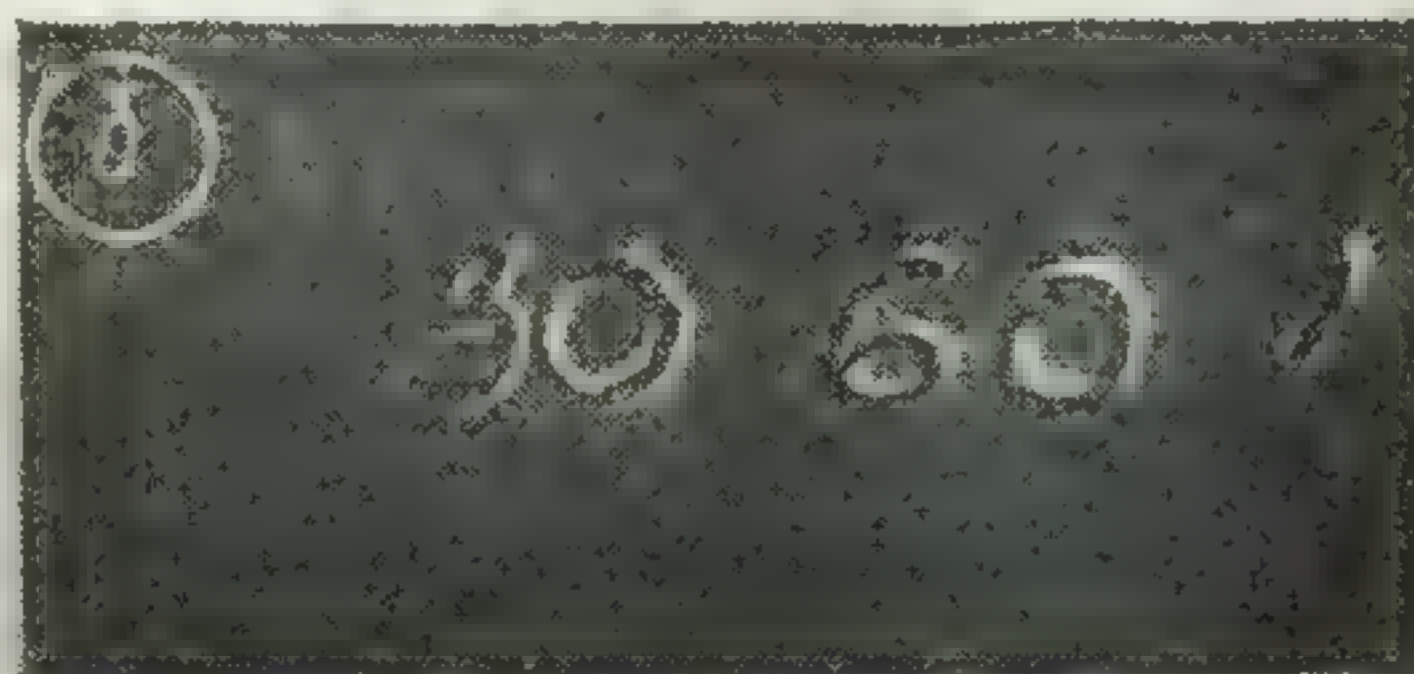
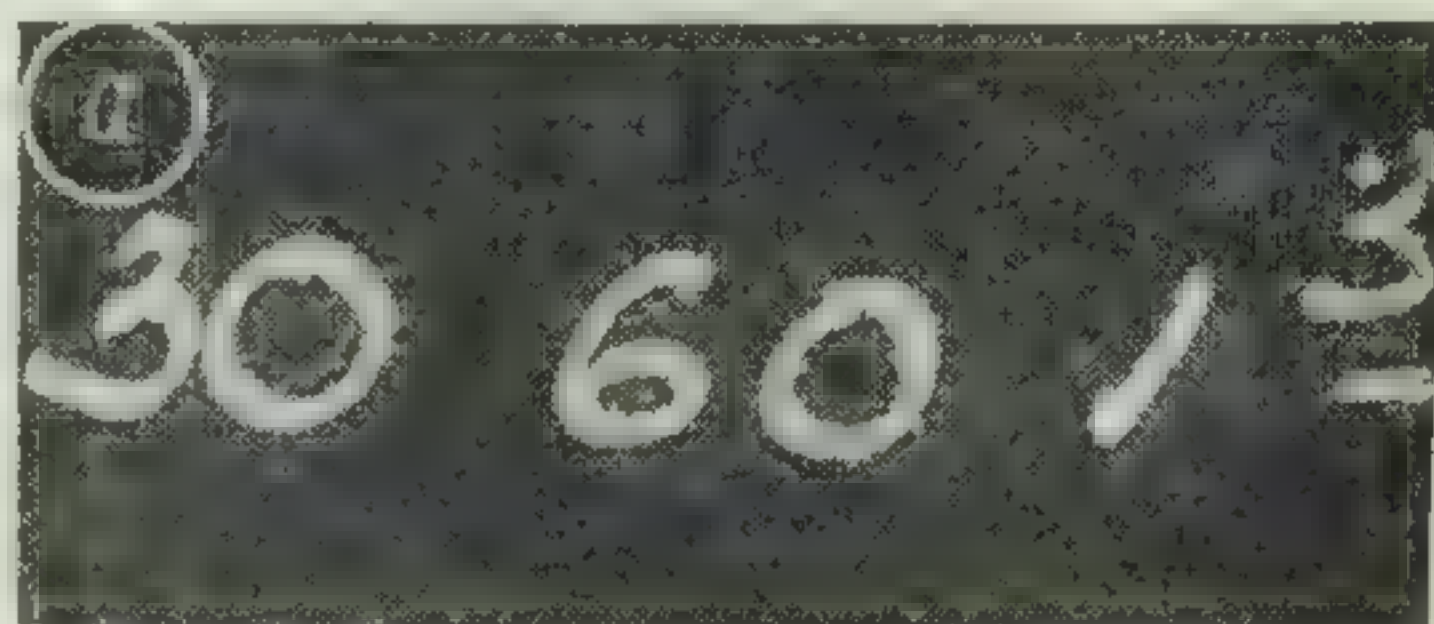


Рис. V—10. Образование контуров

2. При помощи процесса маскирования можно выявить детали, которые вследствие пестроты или неравномерной яркости поля оказываются плохо различимыми.

В маскированном изображении легко можно отличить случайные дефекты (повреждения слоя и пр.) от деталей самого объекта.

Для повышения различаемости слабо видимых деталей может быть использован и эффект мигания.

Если мы будем рассматривать на экране чередующуюся проекцию негатива и позитива при том условии, что плотность фона в негативе и позитиве будет одинакова, то при достаточной регулировке проекционного устройства с обтюратором будет заметно только мигание детали; яркость же фона будет оставаться неизменной.

Схема прибора изображена на рис. V—11, где 1 — проекторы, 2 — мотор, 3 — обтюраторы, 4 — объект, 5 — трансформаторы, 6 — реостаты. Скорость вращения мотора регулируется реостатом; для того чтобы сравнять плотность обоих изображений, сила света одного

из проекторов или обоих регулируется путем изменения напряжения, подаваемого на лампы проекторов. Тем самым исключается необходимость точной подгонки плотностей фона обоих изображений.

Скорость миганий не должна быть очень большой. Практически наилучший эффект достигается при 100—200 миганиях в минуту.

Слабо различаемые детали становятся заметными при этом способе наблюдения.

Подобные приборы, использующие эффект мигания, могут быть использованы и для повышения цветового контраста.

Процесс восстановления слабо различимой детали следует рассматривать как процесс узнавания. Поясним

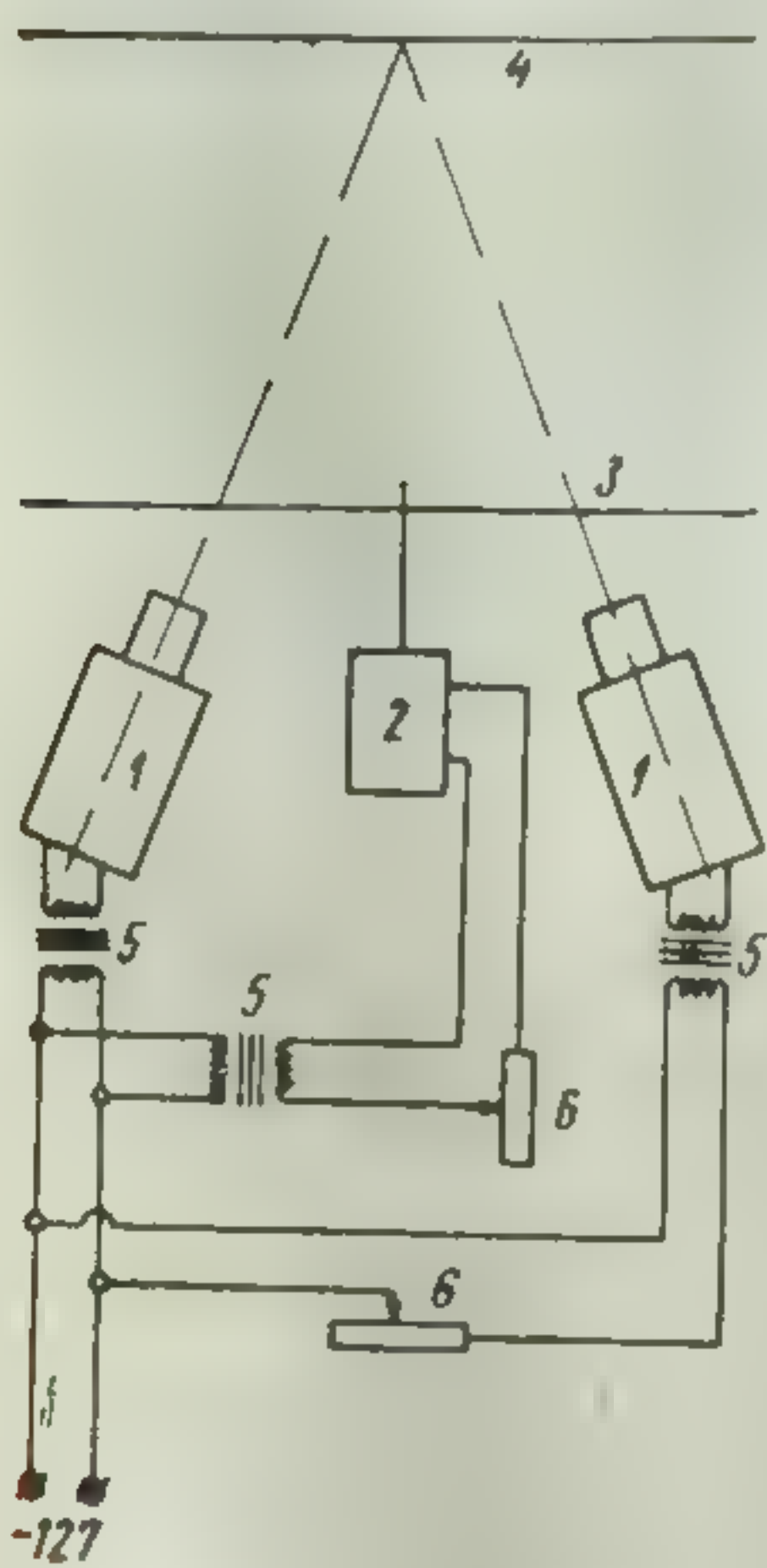


Рис. V—11. Прибор для наблюдения мигания

это примером: прочесть вытертый текст, написанный на знакомом языке, значительно легче, чем написанный тем же алфавитом на неизвестном языке или зашифрованный. Тем более трудно прочесть слабо видимый текст, написанный на незнакомом языке, незнакомым алфавитом, к тому же еще и таким, вариации формы букв которого в рукописном тексте для эксперта неизвестны.

Поэтому эксперту обязательно, помимо самого объекта, должны направляться сведения и о предполагаемом содержании слабо видимого текста.

Методы изменения контрастов, основанные на применении фотографических способов, являются достаточно длительными и не всегда результат применения этих методов может быть заранее рассчитан; по-

этому оптимальные результаты получаются иногда только после ряда проб.

Средства и методы современной электроники дают большие возможности для изменения контрастов, причем получаемые результаты могут наблюдаться непосредственно.

Электронные
все большее при
виду легкости
ства в колеба
электронных ме
ческих сигналов

Кроме того,
ляются приемни
кой, то электри
пропорциональн
стей; вследствие
рациональны да

Практически
при помощи эле
щему:

- 1) усиление
- 2) выделение
- 3) устранение
- 4) трансформация

глазом (в невидимую в видимой)

Приборы с электронными лампами
ложены Букати
вый использова
котором находи
лучевой трубки

Опытный об
очень высокое у
выделять части
разделять изобра
чек, осуществля
вать резкость из

Эйсман и М
прибора, в котор
вертка изображен
отраженный луч
преобразуется по

Электрический по
тель и амплитудн
тивным и негатив
литудные дискрим
Сигналы восприм

Электронные приборы в последнее время находят все большее применение для целей судебной экспертизы ввиду легкости превращения колебаний любого свойства в колебания электрических величин и гибкости электронных методов переработки полученных электрических сигналов.

Кроме того, если глаз и фотографический слой являются приемниками с логарифмической характеристикой, то электрические датчики являются приемниками пропорциональными, реагирующими на разность яркостей; вследствие этого электрические приемники более рациональны для регистрации слабых изображений.

Практические задачи, которые могут быть решены при помощи электронных устройств, сводятся к следующему:

- 1) усиление слабого изображения,
- 2) выделение заданного изображения по его свойствам или величине,
- 3) устранение вредных контрастов (помех),
- 4) трансформация изображения, не воспринимаемого глазом (в невидимой части спектра), в оптическую картину в видимой части спектра.

Приборы с электронными устройствами были предложены Букатиным и Эйсманом и Малышевым. Первый использовал схему фототелеграфного аппарата, в котором находится дискриминатор в виде электронно-лучевой трубки и киппреле.

Опытный образец прибора позволяет производить очень высокое увеличение контраста (до 300—400 раз), выделять части изображения с данным уровнем яркости, разделять изображение по размерам штрихов или точек, осуществляя геометрическое выделение, увеличивать резкость изображения, удалять пятна.

Эйсман и Малышев построили опытный образец прибора, в котором осуществляется механическая развертка изображения при помощи качающегося зеркала; отраженный луч света попадает в фотоумножитель и преобразуется последним в электрический импульс.

Электрический сигнал поступает в линейный усилитель и амплитудный селектор с двумя каналами, позитивным и негативным; в каждом из них находятся амплитудные дискриминаторы и регулируемые усилители. Сигналы воспроизводятся в электронно-лучевой трубке.

В этом приборе могут быть достигнуты увеличение контрастов, цветоразличение, исключены помехи (устранены, например, пятна), причем получаемое изображение непосредственно наблюдается глазом. Таким образом, значительно сокращается время исследования по сравнению с фотографическим методом.

Применение таких приборов, пока еще не внедренных в практику экспертизы, может значительно расширить возможности исследования вещественных доказательств.

ЛИТЕРАТУРА

А. И. Дидебулидзе, Г. А. Дидебулидзе, Фоторепродукция невидимого, Тбилиси, 1946.

Н. М. Зюскин и Е. Ю. Брайчевская, «Кинофотохимпромышленность» 1938 г. № 3, стр. 40.

Е. Ю. Брайчевская, «Криминалистика и научно-судебная экспертиза», Киев, 1948.

Е. Ю. Брайчевская, «Криминалистика и судебная экспертиза», Киев, 1957.

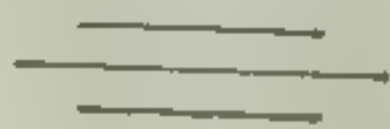
Г. С. Баранов, Вопросы теории фотографического воспроизведения, Госкиноиздат, 1949.

И. Б. Блюмберг, Технология обработки кинофотоматериалов, «Искусство», 1958.

Н. М. Зюскин, «Криминалистика и судебная экспертиза», Киев, 1957, стр. 151.

Е. А. Букатин, «Криминалистика и судебная экспертиза», Киев, 1957, стр. 197.

А. А. Эйсман, Ю. А. Малышев, «Советская криминалистика на службе следствия», 1958, вып. 8, М., стр. 44.



Часть третья

ВОСПРОИЗВЕДЕНИЕ
ЦВЕТА
В ЧЕРНО-БЕЛОМ
И ЦВЕТНОМ
ИЗОБРАЖЕНИИ

Цв
призна
стве и
дашей
личие
вания
наприм
нами и

Вах
изведе
снимке
мого с
имел
вильно
снимке
ристик
объект
налист
димым

Бол
каким-л
серые и
чаются
как его

Глава VI

ЦВЕТ И ЕГО ИЗМЕРЕНИЕ

Цвет объекта является важным идентификационным признаком, на основании которого можно судить о сходстве или различии объектов (например, чернил, карандашей и иных материалов документов). Используя различие в цвете, можно отделить одни объекты исследования от других. Примером такого рода исследований, например, является прочтение надписей, закрытых пятнами иного цвета.

Важной задачей является также правильное воспроизведение яркостей цветных объектов в черно-белом снимке и правильное воспроизведение цветов снимаемого объекта в цветном снимке, для того чтобы снимок имел достаточное доказательственное значение. Правильное воспроизведение цветов в фотографическом снимке невозможно без знания спектральной характеристики отражения или пропускания фотографируемого объекта. Поэтому исследование цвета объектов криминалистической экспертизы является существенно необходимым для решения вышеуказанных вопросов.

§ 1. Понятие о цвете

Большинство окружающих нас предметов обладает каким-либо цветовым оттенком. Строго нейтральные серые или, как их называют, ахроматические тона встречаются сравнительно редко. Цвет объекта определяется как его оптическими свойствами, т. е. избирательным

поглощением, пропусканием и отражением лучей различных частей спектра, так и способностью нашего глаза воспринимать то или иное излучение. Нормальный человеческий глаз воспринимает излучения с длинами волн, примерно, от 390 до 760 мкм. В этих пределах и находится так называемый видимый участок спектра. Чувствительность глаза далеко не одинакова ко всем лучам; средний нормальный человеческий глаз наиболее чувствителен к желто-зеленому излучению с длиной волны около 550 мкм (см. кривую спектральной чувствительности глаза, рис. VIII—1). В сторону возрастающих длин волн, т. е. по направлению к инфракрасным лучам, чувствительность глаза уменьшается несколько медленнее, чем в сторону убывающих длин волн, т. е. по направлению к ультрафиолетовым лучам. При этом лучи разных длин волн вызывают качественно различные ощущения, непрерывно переходящие из одного в другое с изменением длины волны.

Понятие «цвет» можно определить как группы одинаково ощущаемых глазом световых потоков. Видимую часть спектра условно разделяют на семь или восемь цветов.

Границы этих цветов в спектре в среднем таковы:

Красный	— 760	— 620 мкм
Оранжевый	— 620	— 585 мкм
Желтый	— 585	— 575 мкм
Желто-зеленый	— 575	— 550 мкм
Зеленый	— 550	— 510 мкм
Голубой	— 510	— 480 мкм
Синий	— 480	— 450 мкм
Фиолетовый	— 450	— 390 мкм

В действительности наш глаз способен различать очень большое количество цветовых тонов, определяемое отдельными исследователями от 180 до 208.

В то же время мы не можем различать отдельные компоненты в смеси попадающих в наш глаз излучений. Так, например, лучи с длиной волны 560 мкм, воспринимаемые как желтые, в смеси с лучами с длиной волны 660 мкм, воспринимаемыми как красные, вызывают ощущение оранжевого цвета, подобное тому, которое возникает от излучения с длиной волны 610 мкм.

Если глаз ощущает цветовое различие, это означает, что вызывающие это видимое различие излучения различны; не может быть такого положения, чтобы предметы, обладающие различными цветовыми оттенками (при наблюдении их в одинаковых условиях), отражали бы одинаковые излучения. Если же глаз не ощущает цветового контраста, т. е., если окраска наблюдаемых объектов представляется ему одинаковой, то это еще не значит, что излучения также одинаковы.

Как было указано, цвет предмета определяется соотношением поглощаемых, пропускаемых и отражаемых им лучей с различными длинами волн. Предметы, отражающие все падающие на них лучи видимого спектра неизбирательно, представляются чисто белыми; предметы, поглощающие неизбирательно все падающие на них лучи, — черными; частичное, но неизбирательное отражение или поглощение вызывает ощущение серых тонов; предметы, пропускающие все видимые лучи, воспринимаются как бесцветные. Окрашенные же предметы отражают (или пропускают) лучи только с определенными длинами волн, а все остальные либо полностью поглощают, либо отражают лишь в сравнительно малом количестве. Отношение отраженного или пропущенного объектом светового потока к падающему называется соответственно коэффициентом отражения или пропускания и выражается в процентах.

Освещенная белым светом бумага представляется нам белой потому, что она отражает основную часть (около 75—80%) падающих на нее лучей и притом примерно в одинаковой степени лучи с разными длинами волн. Штрихи или пятна, нанесенные на эту бумагу чернилами, содержащими краситель основной зеленый, воспринимаются как зеленые, так как они из падающего на них света преимущественно отражают зеленые, голубые и желтые лучи и поглощают красные, оранжевые, фиолетовые; если смотреть через красное стекло на белую бумагу, она представляется красной, а зеленые штрихи — черными, так как красное стекло из отражаемого бумагой белого света пропускает красные лучи и поглощает фиолетовые, синие, голубые, зеленые и желтые, а отражаемые штрихами зеленые, голубые и желтые лучи поглощают полностью (см. схему на рис. VI—1).

Если предмет освещается не белым светом, а светом с преобладанием лучей какой-либо определенной длины волны, то окраска предмета будет изменяться в зависимости от длины волны преобладающих излучений источника света. Известно, что при освещении предметов лампой накаливания цветовые оттенки их представляются иными, чем при освещении дневным светом. Это происходит потому, что в спектре дневного света распределение всех видимых излучений приблизительно равномерно, а в спектре лампы накаливания синие и фиолетовые лучи содержатся в относительно малом количестве по сравнению с более длинноволновыми излучениями. Поэтому желтые, оранжевые и красные тона при освещении лампой накаливания представляются более светлыми, голубые — зеленоватыми, а синие и фиолетовые приобретают красноватый (пурпурный) оттенок и представляются значительно более темными.

Большинство окружающих нас предметов не обладает спектрально чистыми тонами, так как наряду с преимущественным отражением лучей определенного участка спектра они отражают в той или иной степени и иные лучи видимого спектра. При освещении белой поверхности источником света, дающим монохроматическое излучение с длиной волны 660 мкм, получается спектральный красный цвет; если же на эту поверхность направить одновременно и белый свет от другого источника, то красная окраска окажется бледной, беле-сой и по мере прибавления все большего количества белого света белесоватость окраски красного пятна будет увеличиваться, вплоть до полного обесцвечивания. Таким образом, при остающемся неизменном цветовом тоне мы, «разбавляя» его различными количествами белого света, получаем целый ряд цветовых градаций, отличающихся друг от друга по степени «разбавленности» белым или, как говорят, по насыщенности или чистоте цвета.

При нанесении на белую бумагу концентрированного раствора красителя, например основного фиолетового, мы получаем относительно насыщенный фиолетовый тон, обусловленный избирательным отражением фиолетовых, синих и красных лучей и сравнительно очень малым отражением лучей желто-зеленого участка спектра; при нанесении растворов этого же красителя, но раз-

бавленных различными количествами воды, полученные накраски по мере разбавления будут становиться более бледными или менее насыщенными, хотя цветовой тон их будет оставаться неизменным.

Таким образом, из каждого цветового тона, спектрального или смешанного, определяемого длинами волн преимущественно отражаемых лучей, может быть получен целый ряд цветов, одинаковых по цветовому тону, но отличающихся друг от друга по степени разбавленности белым, т. е. по насыщенности или чистоте. Спектральные цвета являются самыми чистыми, так как в них полностью отсутствует примесь белого.

Насыщенность или чистота цвета, обозначаемая буквой P , определяется процентным содержанием количества единиц светового потока спектрального цвета в смеси его с белым светом.

Так, например, если для получения определенного цвета приходится смешивать 25 единиц светового потока с цветовым тоном $\lambda = 436$ мкм и 75 единиц светового потока белого цвета, то

$$P = \frac{25}{25 + 75}, \quad \text{т. е. } P = 25\%.$$

Цветовой тон, определяемый длиной волны избирательного отражения, или, иначе говоря, коэффициентом отражения лучей данной длины волны, и насыщенность, или чистота, определяемая процентным содержанием спектрального цвета в смешанном цвете, еще не полностью характеризуют цвет объекта. Третьим свойством, характеризующим цвет объекта, является яркость, определяемая общим количеством отражаемого света.

Если на белый экран направить два пучка света совершенно одинакового спектрального состава, например, с преобладанием красных лучей, и одинаковой силы, то, естественно, на экране окажутся два красных пятна, не отличающихся друг от друга; если на пути одного из световых потоков поставить нейтрально серый фильтр, то пятно, образуемое на экране, прошедшим через фильтр световым пучком, будет отличаться от второго пятна меньшей яркостью (или светлотой), обладая тем же цветовым тоном и чистотой.

Таким образом, если цветовой тон и насыщенность составляют качественную характеристику цвета или

собственно цветность предмета, то третье свойство — яркость или светлота — является его количественной характеристикой.

Спектральными цветовыми тонами не ограничивается многообразие существующих цветов. Как указано выше, чистые спектральные цвета встречаются сравнительно реже, чем цвета, получаемые при смешении спектральных цветов друг с другом в различных пропорциях и соотношениях, а также при смешении спектральных цветов с ахроматическими.

Спектральные цвета, сами по себе обладающие полной чистотой ($P = 100\%$), при смешении их друг с другом, как правило, не образуют спектральных чистых тонов. Это значит, что для цветов, образуемых путем смешения некоторых спектрально чистых цветов не только с белым, но и друг с другом, чистота или насыщенность не будет стопроцентной.

Если смешиваемые цвета размещаются в спектре близко друг к другу, то полученные при этом смешанные цвета будут соответствовать промежуточным спектральным цветам. По мере же удаления одного из смешиваемой пары цветов от другого цвета будут становиться все менее и менее насыщенными. Так, при смешении в различных пропорциях цвета красной спектральной линии лития 671 мкм с цветом зеленой линии таллия 536 мкм получается последовательность цветов, не отличающихся по чистоте от соответствующих спектральных. Если тот же цвет линии лития 671 мкм смешивать с лучами меньшей длины волны, например, порядка 510, 500 мкм, и т. д., то получаемые цвета будут становиться все более белесоватыми и переход от красного через оранжевый, желтый и зеленый в голубовато-зеленый будет происходить почти незаметно, через почти полностью обесцвеченные смеси.

При смешении линии 671 мкм с линией 492 мкм красные тона, становясь все более белесоватыми, при определенной пропорции переходят в белые; таким образом, вся последовательность смешанных цветов представляет постепенный переход от красного через белый в голубовато-зеленый; такие цвета, дающие при смешении белый цвет, называются взаимно дополнительными. Кроме этой пары, имеются и другие пары дополнительных цветов. По мере передвижения цветов от красного

к желтому
в сторону
соответству
с изменен
а при дост
при $\lambda = 570$
Для из
495 мкм
до зелено
матическ
к этим из
пурные т
с фиолето
ствляющ

Согла
находятс
различн
состава.
к красн
к синем

Таки
реагиру
менты,
синий —
сложны
деленны
ных эле
соответс
При пр
ыда св
матичес
ния все
тически

Грех
ским см
в разны
может б
цвета, н
висимым
путем с

к желтому дополнительный цвет также перемещается в сторону коротких волн, сначала очень медленно (что соответствует очень незначительному изменению тона с изменением длины волны в красном участке спектра), а при достижении желто-зеленого цвета очень быстро и при $\lambda = 570$ мкм достигает фиолетового участка.

Для излучений с длинами волн примерно от 570 до 495 мкм (т. е. спектральных цветов от желто-зеленого до зеленовато-голубого), отсутствуют простые монохроматические дополнительные цвета; дополнительными к этим излучениям являются лежащие вне спектра пурпурные тона, представляющие собой смеси красного с фиолетовым в различных пропорциях и как бы осуществляющие переход от красного к фиолетовому.

§ 2. Аддитивное образование цветов

Согласно трехцветной теории зрения, в нашем глазу находятся три вида светочувствительных элементов, различно реагирующие на свет разного спектрального состава. Одни из них чувствительны преимущественно к красному цвету, другие — к зеленому и третьи — к синему.

Таким образом, на попадающий в глаз красный цвет реагируют главным образом красночувствительные элементы, на зеленый свет — зеленочувствительные, а на синий — синечувствительные. На попадающий в глаз сложный, смешанный световой поток реагируют в определенных соотношениях все три вида светочувствительных элементов, в результате чего мы ощущаем цвет, соответствующий составу попадающего в глаз света. При преимущественном возбуждении того или иного вида светочувствительных элементов мы ощущаем хроматические цвета; в случае же одинакового возбуждения всех трех видов этих элементов мы видим ахроматический цвет.

Трехцветная теория зрения подтверждается оптическим смешением цветов. Как известно, путем смешения в разных пропорциях красного, синего и зеленого цветов может быть получен любой существующий цвет. Эти три цвета, называемые основными, являются взаимонезависимыми, т. е. каждый из них не может быть получен путем смешения двух остальных.

Если направить пучки этих излучений на белый экран таким образом, чтобы они частично перекрывали друг друга, то получится следующая картина: в тех местах, где цветовые пучки не перекрываются друг другом, мы увидим чистые красный, синий и зеленый цвета; в месте пересечения красного и синего образуется пурпурный цвет, в месте пересечения зеленого и красного — желтый, а в месте пересечения зеленого и синего — голубой; в том участке, где все три пучка перекрывают друг друга, при каком-то определенном соотношении яркостей трех цветов мы увидим белое пятно (см. рис. VI—2). Изменяя соотношения яркостей трех источников, мы можем получать все возможные спектральные и пурпурные тона.

Если смешать таким способом пару дополнительных цветов, то при определенном соотношении их яркостей мы получим ахроматический цвет.

Образование цветов при смешении в глазу монохроматических световых потоков называется аддитивным (или слагательным). На аддитивном смешении цветов были основаны некоторые, использовавшиеся ранее, способы цветной фотографии (растровый способ).

Аддитивное смешение цветов может быть осуществлено путем нанесения на поверхность цветных точек, обладающих разными цветами и располагаемых очень близко друг к другу; этот эффект используется в полиграфии при цветной печати.

Аддитивное смешение цветов может быть использовано для цветного освещения объектов при криминалистических исследованиях документов и иных вещественных доказательств с целью изменения цветовых контрастов для выявления цветовых различий, не наблюдаемых при обычном освещении. Объект освещается тремя или четырьмя осветителями, которые состоят из лампочки накаливания, конденсора и держателя для светофильтра и установлены так, чтобы освещать один и тот же участок объекта; перед каждым осветителем помещается светофильтр. Изменяя яркость светового пучка каждого осветителя при помощи диафрагмы или реостата, а также включая или выключая тот или иной осветитель, можно получить любой цветовой тон и таким образом разрешить поставленную задачу повышения или снижения цветового контраста объекта.



Рис. VI—2



Рис. VI—3



Рис. IX—1



Рис. IX—2

На приложении
и спектральных
следований докумен
лучами любого спек
светофильтров (см. прилож

§ 3. Субтрактивный

Если посмотреть на
белую поверхность ч
возникает ощущение
лучению, которое пр
светофильтр. Так, ж
синие и фиолетовые
тые и красные, выз
прошедшие через све
воспринимаются ка
тот же источник св
глощающий красны
пускающий фиолето
ощущение голубого
вместе, светофильт
как желтый светоф
лучи, голубой — кр
образом, из всего
зеленые лучи.

Если сложить
фильтры таким об
крывали друг дру
узкий пучок белог
на экране следую
друга части свет
пурный, голубой
друга части пурп
красный цвет, ко
ний цвет, а комб
комбинация же
пятно, так как в
никаких видимых
Вычитая, таким
излучение, можн
ный и синий, но

На принципе аддитивного смешения цветов основан и спектральный осветитель для криминалистических исследований документов, позволяющий осветить объект лучами любого спектрального состава без применения светофильтров (см. главу VII).

§ 3. Субтрактивное образование цветов

Если посмотреть на источник белого света или на белую поверхность через какой-либо светофильтр, то возникает ощущение цвета, соответствующего тому излучению, которое преимущественно пропускает данный светофильтр. Так, желтый светофильтр, поглощающий синие и фиолетовые лучи и пропускающий зеленые, желтые и красные, вызывает ощущение желтого, так как прошедшие через светофильтр излучения в совокупности воспринимаются как желтый цвет. Если смотреть на тот же источник света через голубой светофильтр, поглощающий красные, оранжевые и желтые лучи и пропускающий фиолетовые, синие и зеленые, то возникает ощущение голубого. Комбинация этих двух, сложенных вместе, светофильтров вызовет ощущение зеленого, так как желтый светофильтр поглотит синие и фиолетовые лучи, голубой — красные, оранжевые и желтые, и, таким образом, из всего состава белого света пройдут только зеленые лучи.

Если сложить пурпурный, голубой и желтый светофильтры таким образом, чтобы все они частично перекрывали друг друга, и направить через эту комбинацию узкий пучок белого света на белый экран, то мы увидим на экране следующую картину: не перекрывающие друг друга части светофильтров дадут соответственно пурпурный, голубой и желтый цвета; перекрывающие друг друга части пурпурного и желтого светофильтра дадут красный цвет, комбинация пурпурного с голубым — синий цвет, а комбинация желтого с голубым — зеленый; комбинация же всех трех светофильтров дает черное пятно, так как в совокупности все они не пропускают никаких видимых излучений (см. рис. VI—3).

Вычитая, таким образом, из белого света то или иное излучение, можно получить не только красный, зеленый и синий, но и любые другие цвета. Этот способ

образования цветов путем вычитания (поглощения) определенной излучения называют субтрактивным.

В судебной фотографии субтрактивное образование цветов имеет особенно важное значение. Субтрактивное образование цвета, хотя и не в чистом виде, имеет место при наложении слоя красителя на бумагу или другую поверхность (например, штрихи чернил на бумаге); образование цвета на краски является результатом смешения отраженного от ее поверхности светового потока со световым потоком, вышедшим после прохождения через слой красителя.

Цветоделительная фотография, являющаяся одним из основных методов, используемых при криминалистическом исследовании документов, основана на применении светофильтров, т. е. на вычитании цветов, о чем будет подробнее изложено ниже.

Большинство методов цветной фотографии — гидротипный, виражный, а также и современный метод, предусматривающий использование трехслойных фотоматериалов, также основаны на субтрактивном образовании цветов.

§ 4. Измерение цвета

Большинство методов оценки цвета основано на том, что три основных взаимонезависимых цвета: красный, зеленый и синий, будучи смешанными в определенном соотношении, образуют белый цвет. Изменяя же относительные количества их, можно получить любой цветовой тон, что выражается так называемым цветовым уравнением:

$$C = k'K + z'Z + c'S$$

Из уравнения явствует, что для получения данного цвета C нужно смешать k' единиц красного цвета K , z' единиц зеленого цвета Z и c' единиц синего цвета S . Коэффициенты k' , z' и c' называются цветовыми коэффициентами, а произведения $k'K$, $z'Z$ и $c'S$ — цветовыми составляющими.

Для непосредственного измерения цвета объекта можно пользоваться двумя методами: колориметрическим и спектрофотометрическим.

Для измерения собственно цвета применяется колориметрический метод, предусматривающий использование специальных приборов-колориметров, принцип действия которых заключается в уравнивании цвета полей сравнения, разделенных тонкой линией.

В аддитивных колориметрах измерение производится следующим образом: одно из полей сравнения занято измеряемым цветом, другое освещается одновременно тремя основными световыми потоками, получаемыми путем пропускания светового потока лампы накаливания через соответствующие светофильтры; изменение каждого из трех потоков производится с помощью заслонки, установленной перед каждым фильтром; смешение трех цветовых потоков может быть осуществлено, например, с помощью линзы. Изменяя соотношения красного, зеленого и синего потоков добиваются такого положения, чтобы получаемый смешанный цвет не отличался от измеряемого по цветовому тону, чистоте и яркости. Показания шкал прибора при достижении цветового равенства полей дают возможность определить относительные цветовые коэффициенты.

В субтрактивных колориметрах одно из полей сравнения также освещается световым потоком измеряемого цвета; второе поле освещается лампой, перед которой помещаются цветовые стеклянные клинья. При передвижении клиньев по нормали относительно пучка света лампы изменяется цветность прошедшего через клинья светового потока и при каком-то определенном положении их наступает цветовое равенство полей; по градуировке определяется характеристика исследуемого цвета.

Кроме колориметров, основанных на визуальном уравнивании цветности, существуют объективные фотоэлектрические колориметры. Колориметр состоит из трех фотоэлементов, соединенных с чувствительными гальванометрами; перед каждым фотоэлементом помещается корректирующий светофильтр. Световой поток, цвет Σ которого подлежит измерению, пройдя через светофильтры, попадает на активную поверхность фотоэлементов, что вызывает отклонения стрелок гальванометров, пропорциональные цветовым коэффициентам k' , z' и c' .

Колориметры имеют ограниченное применение при криминалистическом исследовании.

При исследовании различных объектов и, в частности, материалов документов, сравнительном исследовании чернильных и карандашных штрихов, бумаги и т. п. несравненно большее значение имеет определение спектральных коэффициентов отражения (или пропускания) исследуемых объектов.

Эти данные получают при помощи спектрографического или же спектрофотометрического метода. В тех случаях, когда требуется определить спектральную характеристику какого-либо прозрачного окрашенного объекта, он устанавливается между входной щелью спектрографа и источником света с известным составом излучения; таким образом, на фотопластинку попадут только те лучи, которые пропустит исследуемый объект; понятно, что получаемые результаты будут зависеть не только от свойств объекта и источника света, но и от спектральной чувствительности пластинки, которая должна быть определена предварительно; желательно использовать фотоматериалы с возможно более равномерной спектральной чувствительностью, например изопанхром.

Если мы имеем дело с непрозрачным объектом, то он устанавливается перед входной щелью спектрографа и освещается таким образом, чтобы отраженные им лучи попадали в щель. Получаемые спектрограммы будут характеризовать в первом случае спектральные коэффициенты пропускания, а во втором — спектральные коэффициенты яркости, по которым мы судим о спектральных коэффициентах отражения. При этом, как указано, получаемые результаты являются относительными, зависящими от состава излучения источника света и цветочувствительности примененной пластинки.

Спектрофотометры, как и колориметры, могут быть визуальными и объективными.

— Измерения спектральных коэффициентов яркости с помощью визуальных спектрофотометров осуществляются путем установления равенства двух половин окулярного поля зрения и определения отношения, в котором пришлось для этого изменить яркость одной из половин; отличие от обычных фотометров состоит в том, что в спектрофотометрах применяются определенные монохроматические излучения.

Для упрощения исследования дописок в документах, сравнительного исследования, может быть использован фотометрический метод, схема которого приведена на рис. VI-4.

Исследуемый эталон Б (напечатавшая пластинка), на которой находятся две вещи, освещаются двумя световыми пучками.

В качестве источника света при исследовании используется бумага, на которой находится исследуемый объект. Из следующих излучений перед экспозицией дается измерение коэффициентов яркости.

Пример, чернильный. Если сравнивать какой-либо объект с эталоном, например с пластинкой, в которой будут сделаны измерения, характерные для чернильного участка.

Чернильные участки на бумаге. Чернильные участки на бумаге могут иметь различные коэффициенты спектрального отражения. Если производится сравнение с эталоном, то получаются различные результаты.

Некоторые изменения цвета.

Для упрощенных визуальных спектрофотометрических исследований штрихов текста при установлении дописок в документах, а также иных объектов, подлежащих сравнительному исследованию, может быть использован фотометр ФМ, общая схема которого приведена на рис. VI—4.

Исследуемый штрих А и эталон В (например, баритовая пластинка или бумага, на которой находится штрих) освещаются двумя одинаковыми световыми пучками.

В качестве эталона при исследовании документов выбирается бумага, на которой находится исследуемый штрих, из следующих соображений: перед экспертом ставится задача измерить спектральные коэффициенты яркостей, например, чернильного штриха. Если сравнивать этот штрих с каким-либо общепринятым эталоном, например, баритовой пластинкой, в результате измерений будут получены данные, характеризующие отражение чернильного штриха, в котором участвует отражение бумаги. Чернильные штрихи, нанесенные одинаковыми чернилами на различных бумагах, могут иметь различные коэффициенты спектрального отражения. Если же сравнение производится с бумагой документа, тем самым влияние бумажной подложки исключается и в результате измерений получают данные, характеризующие непосредственно чернильный штрих.

Некоторые сорта бумаги обуславливают известное изменение цвета чернил, наносимых на нее, которое

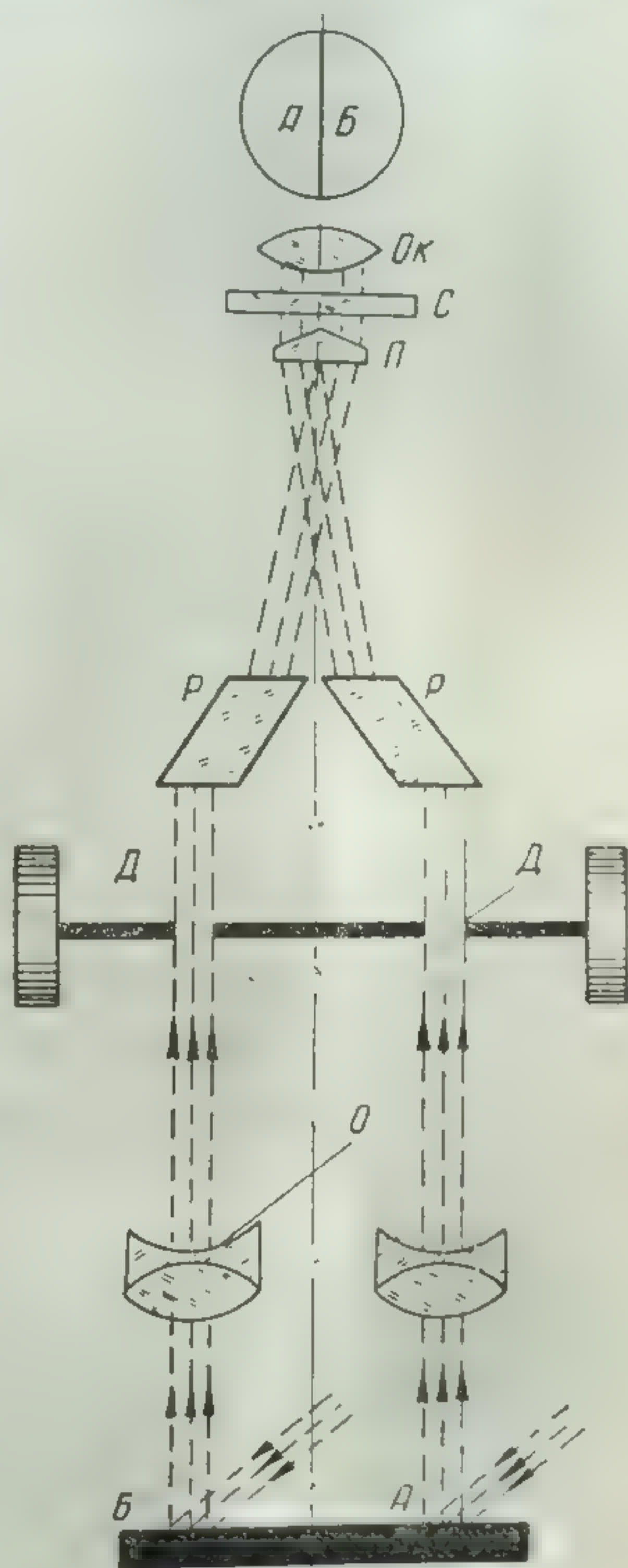


Рис. VI—4. Общая схема фотометра ФМ

происходит вследствие химического взаимодействия. Поэтому сопоставление цвета чернил с достаточной убедительностью полученных данных может производиться только в тех случаях, когда сравниваемые штрихи находятся на одной и той же бумаге.

Отраженные штрихом и эталоном световые пучки проходят через объективы *O*, ромбические призмы *P* и бипризму *П*, которая сводит оба пучка к оси окуляра *Ок*, между окуляром и бипризмой устанавливаются светофильтры *С*. При наблюдении в окуляр видно поле, одна половина которого освещена светом, отраженным

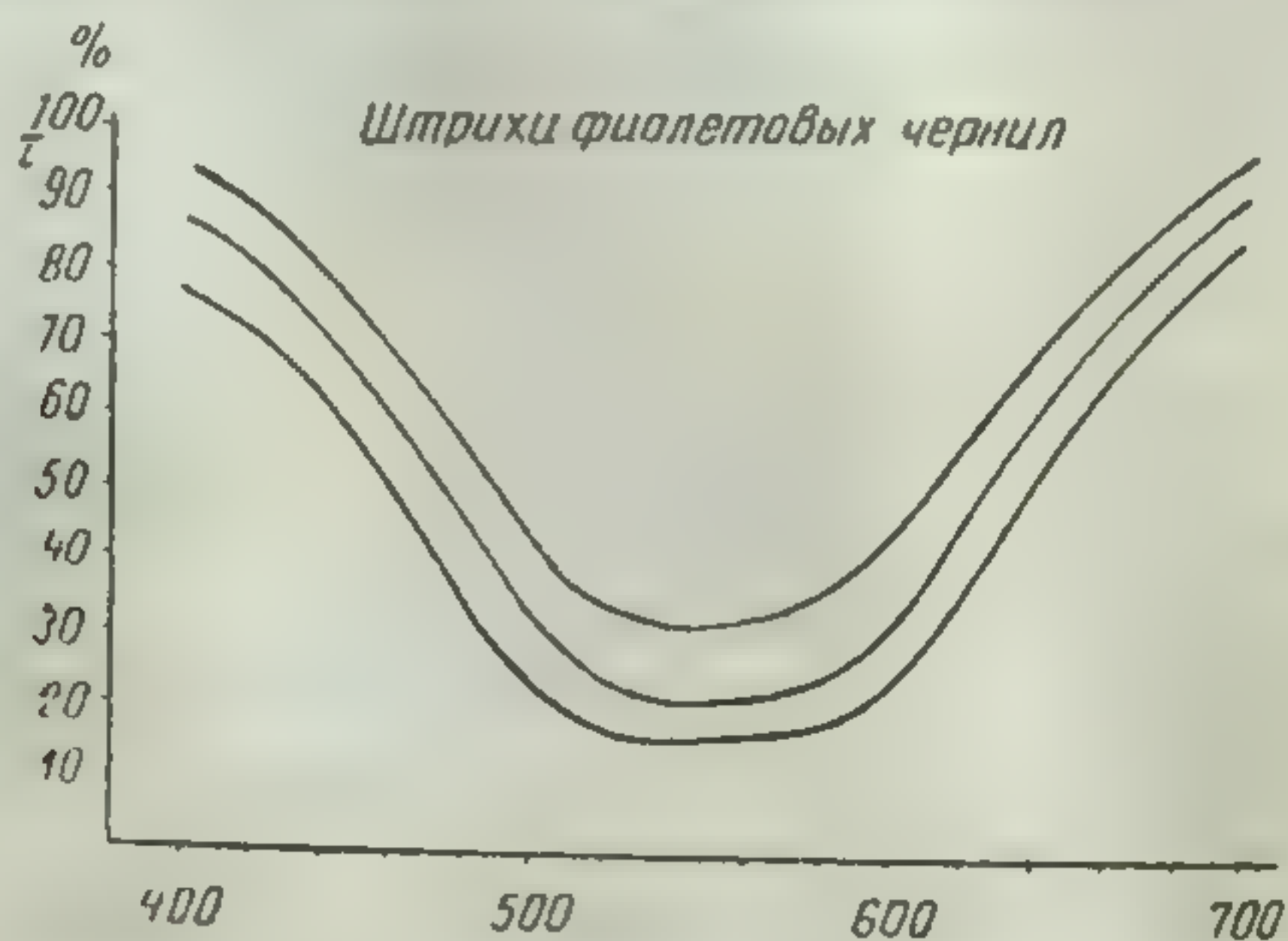


Рис. VI—5. Кривые спектральных коэффициентов яркости штрихов фиолетовых чернил

исследуемым штрихом, а другая — светом, отраженным эталоном. Устанавливая последовательно различные светофильтры, уравнивают яркость полей при помощи измерительной диафрагмы *Д* и таким образом определяют спектральные коэффициенты яркости штриха в различных участках спектра, по которым строятся кривые, подобные изображенным на рис. VI—5.

С целью использования фотометра ФМ для фотометрирования штрихов малого размера нужно вместо прилагаемых к прибору объективов использовать обычные микроскопические объективы 10х; ввиду необходимости более интенсивного освещения объектов, следует поместить две дополнительные линзы, в качестве которых могут быть использованы, например, очковые стекла —14, —15 диоптрий. Эти линзы помещаются в картонные трубки, вставленные в отверстия осветителя; линзы

концентрируют световые пучки, и, таким образом, яркость освещения исследуемого объекта и эталона значительно увеличивается. Кроме того, для производства измерений нужно удалить стопорный винт, не позволяющий в достаточной мере опустить фотометрическую головку.

Техника производства измерений подробно описана в инструкции к прибору.

Более точные результаты могут быть получены при помощи объективных, т. е. фотоэлектрических спектрофотометров, в которых глаз заменяется фотоэлементом;

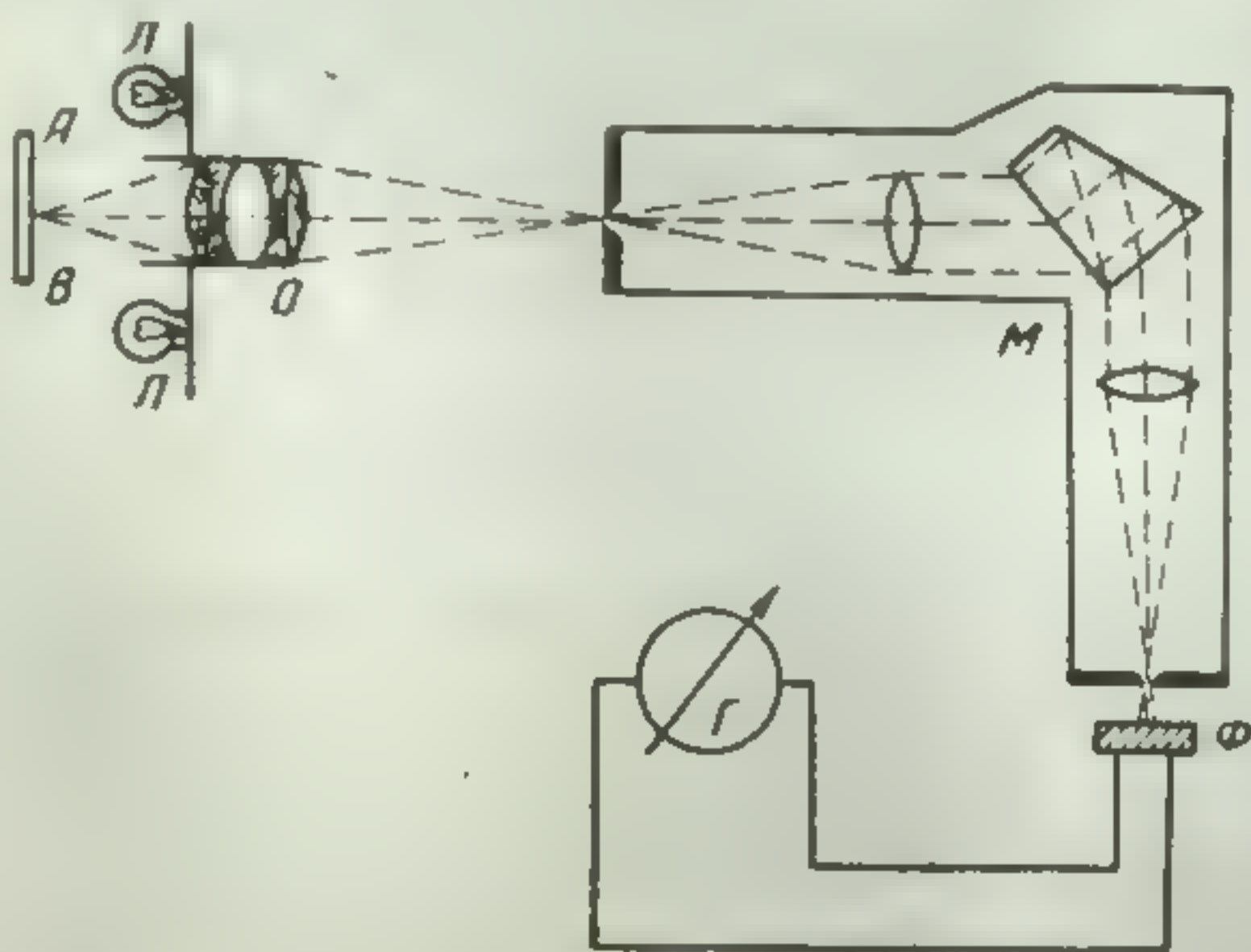


Рис. VI—6. Приспособление для спектрофотометрических исследований штрихов

на рис. VI—6 представлена схема такого спектрофотометра. Исследуемый образец *АВ* освещается источником света (лампа накаливания), постоянство излучения которого поддерживается с помощью стабилизатора напряжения. Монохроматор *М*, в котором из спектра выделяются узкие участки, установлен по отношению к объекту и источнику света таким образом, чтобы по возможности не сказывалось влияние зеркального отражения. У выходной щели монохроматора устанавливается фотоэлемент, соединенный с чувствительным гальванометром *Г* (лучше всего, зеркальным).

В тех случаях, когда исследованию подлежат объекты малых размеров, например штрихи текста, являющиеся наиболее часто встречаемым объектом при технической экспертизе документов, установка может быть изменена таким образом, как показано на

рис. VI—6. Объект АВ освещается рядом лампочек Л, обеспечивающих бестеневое освещение; с помощью объектива О изображение исследуемого штриха в увеличенном виде проектируется на входную щель монохроматора.

Значение коэффициента яркости (или пропускания) определяется из отношения:

$$r = \frac{I_2}{I_1},$$

где r — коэффициент яркости

I_2 — величина фототока (пропорциональная яркости) для изучаемой поверхности

I_1 — величина фототока для эталона, в качестве которого в данном случае применяется бумага, на которой находится штрих.

Практически для получения спектральных коэффициентов яркости штрихов на документах может быть применен монохроматор УМ-2.

При измерении спектральных коэффициентов яркости больших участков, например, пятен, красок чернил на бумаге, этот прибор может быть использован без объектива, проектирующего изображение объекта на щель. В том же случае, если исследованию подвергаются штрихи, проектирование их на щель монохроматора производится при помощи светосильного объектива, например, для малоформатной камеры со светосилой 1:2.

Ввиду малой интенсивности освещения щели монохроматора обычное фотоэлектрическое устройство (фотоэлемент и зеркальный гальванометр) оказывается недостаточно чувствительным, и поэтому фотоэлемент заменяется фотоумножителями ФЭУ-19 для исследований до 600 мкм и ФЭУ-22 для красной части спектра.

Фототоки от фотоумножителя принимаются на зеркальный гальванометр.

При необходимости сравнения отдельных частей штрихов, имеющих величину менее 0,01 мм, исследование спектральных коэффициентов яркости может быть заменено измерением коэффициентов спектрального пропускания.

Для этой цели применяется микроскоп со спектральной насадкой АУ-16; штрихи исследуются в проходящем свете. Спектрограммы сравниваемых штрихов и бума-

ги фотографируются в одинаковых условиях на пленку изопанхром, проявляемую в одних и тех же условиях.

Спектральный состав излучения источника света при помощи светофильтра (СС-8) подгоняется к чувствительности пленки изопанхром с тем, чтобы полученные почернения во всех частях спектра были примерно одинаковы; одновременно на ту же пленку производится фотографирование ртутного спектра в качестве эталона длин волн.

Полученные спектрограммы могут быть непосредственно использованы в виде иллюстративного материала либо промерены на фотоэлектрическом денситометре ДФЗ-10 и по полученным данным рассчитаны спектральные коэффициенты пропускания.

Результаты измерений, произведенных на том или другом спектрофотометре, оформляются в виде кривых спектральных коэффициентов отражения; на оси абсцисс откладываются длины волн в миллимикронах, на оси ординат полученные при измерении коэффициенты яркости.

Установлено, что кривые спектральных коэффициентов отражения штрихов, проведенных растворами одного и того же красителя, но отличающихся по концентрации, имеют одинаковую форму и отличаются друг от друга только величиной максимумов. На рис. VI—5 представлены кривые для трех штрихов фиолетовых чернил, проведенных одними и теми же чернилами, но отличающихся друг от друга по насыщенности окраски вследствие различия в количестве чернил на перо при их исполнении; как явствует из рассмотрения графика, кривые ни в одном месте не пересекают друг друга, имеют одинаковую форму и одинаковое местоположение максимумов и отличаются лишь по общему расположению относительно горизонтальной оси.

При измерениях же штрихов, выполненных чернилами или карандашами, содержащими различные красители, оказывается, что кривые либо пересекают друг друга в одной или нескольких точках, либо отличаются друг от друга по форме, т. е. по количеству, местоположению и величине максимумов.

Особенный интерес для обнаружения таких различий представляет собой красный участок спектра и ближняя

пограничная инфракрасная область, так как кривые отражения большей части органических красителей, входящих в состав материалов письма, имеют в этой области резкий загиб.

На графике рис. VI—7 приведены результаты измерений в области 640—780 мкм спектральных коэффициентов яркости штрихов, проведенных четырьмя синими рисовальными карандашами

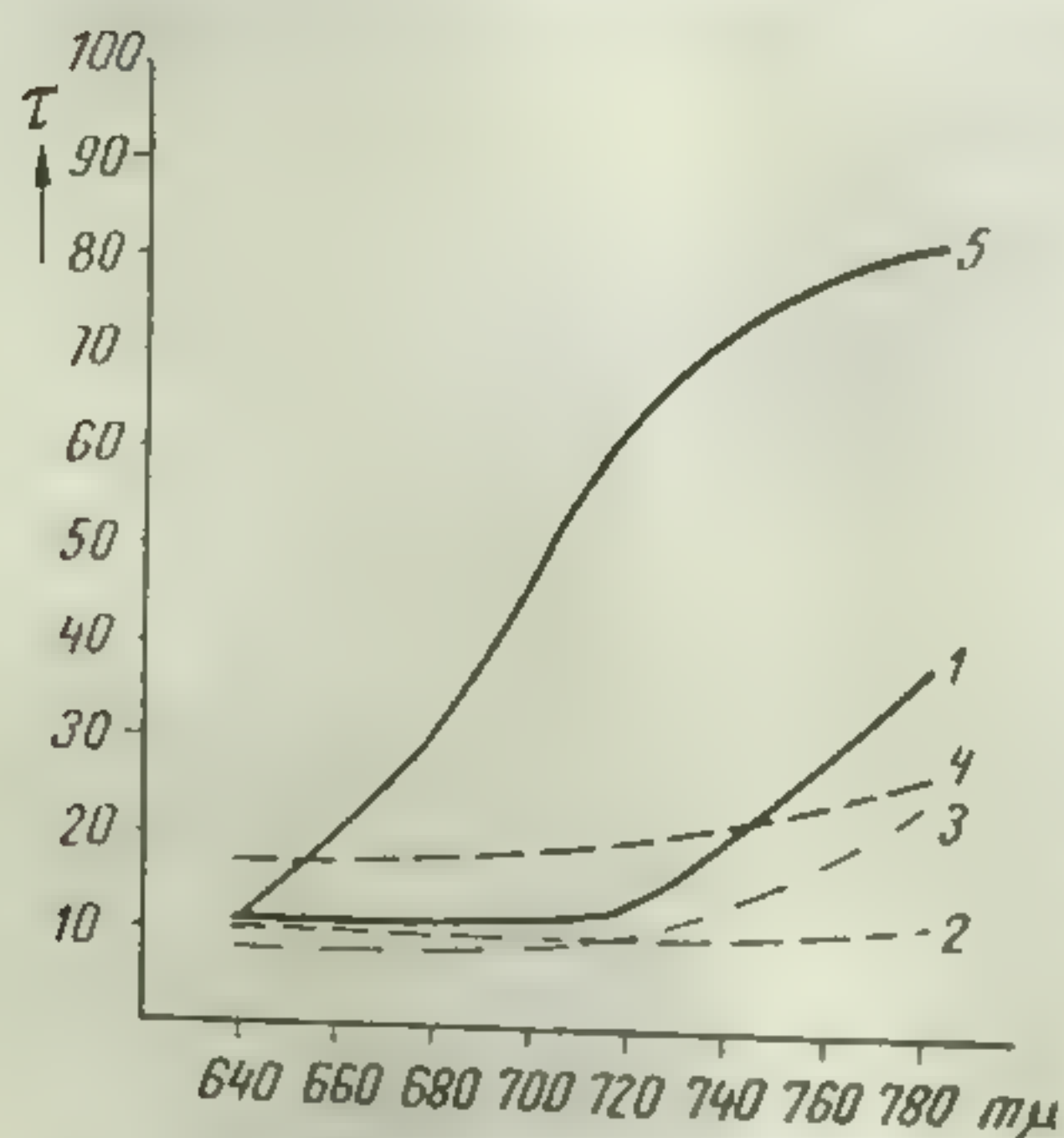


Рис. VI—7. Кривые спектральных коэффициентов яркости штрихов синих карандашей и копировальной бумаги

разного сорта и через синюю копировальную бумагу. В данном случае различие в материале штрихов является очевидным, хотя визуально штрихи карандашей «Искусство» (кривая 2), «Тактика» (кривая 3) и штрих, проведенный через копировальную бумагу (кривая 5), по цвету почти не отличаются друг от друга. Таким образом, с помощью спектрофотометрического метода может быть установлено различие в отражательной способности визуально не отличающихся друг от друга объектов и тем самым установлено различное их происхождение. Это имеет особенно большое значение при криминалистическом исследовании документов с целью установления наличия дописок, так как в большинстве случаев преступники стараются подбирать для дописки фрагментов текста материалы письма таким образом, чтобы визуально штрихи дописанного текста не отличались по окраске от штрихов первоначальных записей. Кроме того, в случаях, когда с помощью спектрофотометрического метода обнаруживается различие в спектральной отражательной способности штрихов основного и дописанного текста, легко установить условия фотографирования с тем, чтобы на полученном фотоснимке было наиболее четко воспроизведено обнаруженное различие и установлены все дописанные части текста.

Федоров
Г. И. Ашк
М.—Л., 1955
С. В. Крав
С. С. Алекс
И. А. Неча
дукции, «Искусств
«Оптика в во
Б. Р. Кири
и научно-судебна
А. С. Боро
АН СССР», 1947

ЛИТЕРАТУРА

- Федоров, Общее цветоведение, М., 1939.
Г. И. Ашкинази, Цвет в природе и технике, Госэнергоиздат, М.—Л., 1955.
С. В. Кравков, Цветовое зрение, Изд-во АН СССР, 1951.
С. С. Алексеев, Цветоведение, «Искусство», М., 1952.
И. А. Нечаева, Цветоведение и теория трехцветной репродукции, «Искусство», М., 1956.
«Оптика в военном деле», Издание АН СССР, 1945.
Б. Р. Киричинский, Ю. В. Игнатович, Криминалистика и научно-судебная экспертиза, Сб. № 3, Киев, 1949, стр. 37.
А. С. Боровик-Романов, Л. М. Иванцов, «Известия АН СССР», 1947, серия физическая, XI, № 4, стр. 443—447.
-

Глава VII

СВЕТОФИЛЬТРЫ

§ 1. Светофильтры и их применение

Светофильтрами называются плоскопараллельные слои какого-либо вещества, обладающие избирательным поглощением в той или иной части спектра (в том числе и в невидимой).

Примером светофильтров могут служить пластинки, изготовленные из окрашенного стекла.

Светофильтрами обычно пользуются в тех случаях, когда требуется изменить спектральный состав светового потока. Так, например, помещенная на пути пучка белого света пластинка красного стекла будет поглощать фиолетовые, синие и зеленые лучи и без ослабления пропускать красные.

В научной фотографии светофильтры используются для решения следующих задач:

а) Компенсация неправильной цветопередачи. В большинстве случаев чувствительность фотографических материалов (даже изопанхроматических) к лучам сине-фиолетовой части спектра больше, чем к лучам иных участков. При фотографировании на подобных фотоматериалах невозможно получить правильную передачу цветов. Для этого необходимо ослабить действие на фотопластинку лучей сине-фиолетовой части спектра, что может быть достигнуто путем применения желтого, так называемого компенсационного фильтра, частично поглощающего сине-фиолетовые лучи.

О Р...
гом к...
биях...
этот, наз...
нение з...
в) Ис...
инфракрасн...
поглощающ...
и пропускающ...
мые лучи.
г) Получен...
ничного осе...
фотографическ...
ботке (проявл...
сирование) сн...

§ 2. Харак... светофи...

Важнейше...
ристикой с...
определяюще...
ства, а след...
область его...
является кри...
тельного...
представляющ...
мость коэффи...
мер такой кр...
Форма кр...
одной стороне...
вещества, из...
концентрации...
Иногда пр...
ний коэффици...
тической плот...
пускания соот...

где D_λ — оптич...
 T_λ — коэфф...

б) Разделение при фотографировании или визуальном наблюдении цветовых оттенков, при обычных условиях мало или почти совершенно не различимых. Метод этот, называемый цветоделением, нашел широкое применение в судебной фотографии (см. далее).

в) Исследования в невидимых (ультрафиолетовых и инфракрасных лучах) путем применения светофильтров, поглощающих видимые и пропускающих невидимые лучи.

г) Получение неактивного освещения при фотографической обработке (проявление и фиксирование) снимков.

§ 2. Характеристика светофильтров

Важнейшей характеристикой светофильтра, определяющей его свойства, а следовательно, и область его применения, является кривая избирательного поглощения, представляющая зависи-

мость коэффициента пропускания от длины волны. Пример такой кривой представлен на рис. VII—1.

Форма кривой поглощения светофильтра зависит, с одной стороны, от характера избирательного поглощения вещества, из которого он изготовлен, а с другой — от концентрации или от толщины слоя этого вещества.

Иногда при работе со светофильтрами вместо значений коэффициентов пропускания T даются значения оптической плотности D , связанной с коэффициентом пропускания соотношением:

$$D_{\lambda} = -\log T_{\lambda},$$

где D_{λ} — оптическая плотность для лучей с длиной волны λ

T_{λ} — коэффициент пропускания

” λ

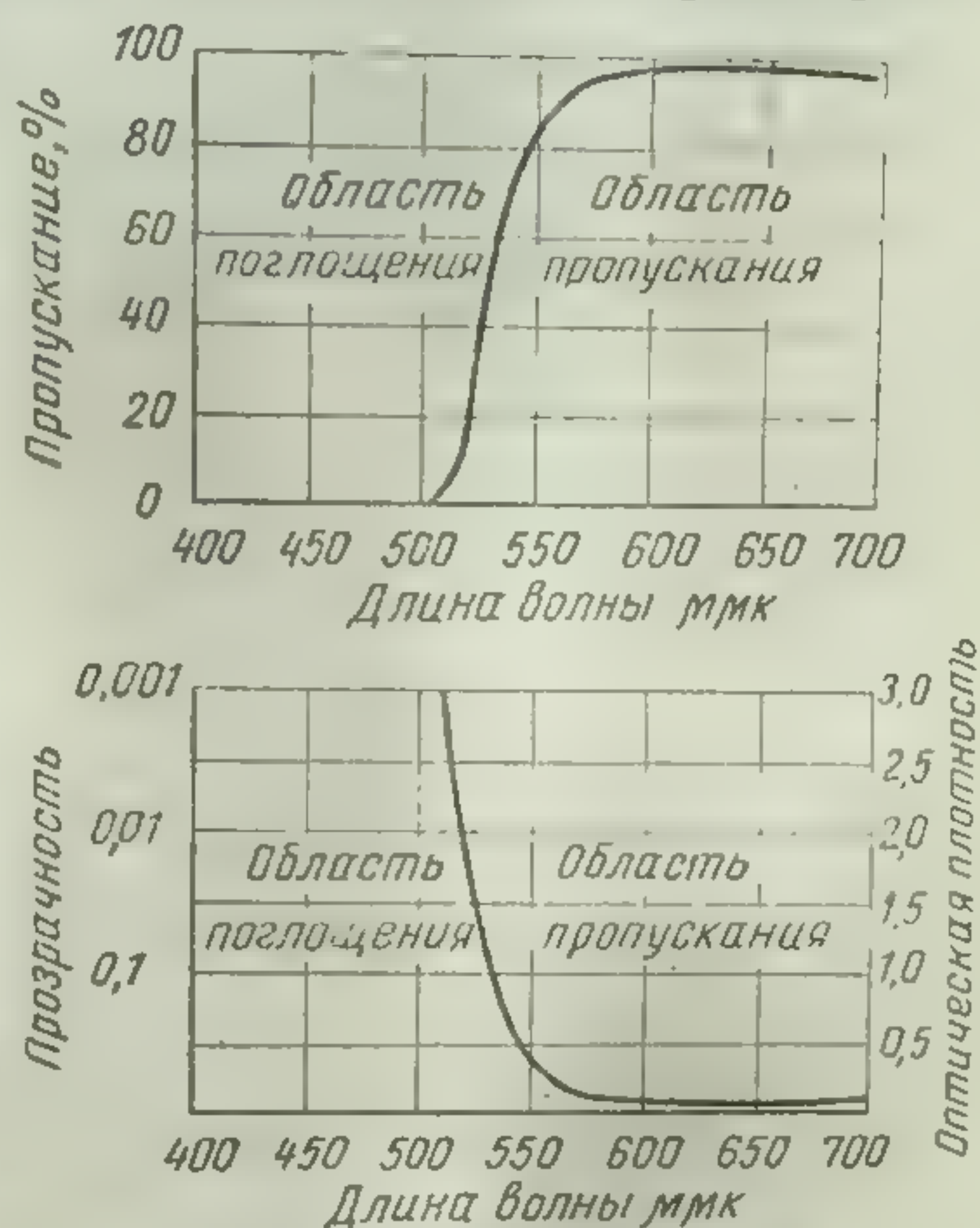


Рис. VII—1. Кривая избирательного поглощения светофильтра

Проявления

Кратность

звующее

зцию при

светосиле объек

нению с эквал

негатива такой

Кратность све

стоянной, так как

светофильтра, за

излучения источ

ности эмульсии

Кратность све

может быть опре

а) сенситометр

кривых почернен

тельного слоя со

б) путем фото

него нейтрально

вестно изменени

в) путем фото

него исследуемо

После проявл

негативы, имею

ных частях обт

числяется крат

Полученное

сится только к

негативы.

Ниже приве

кратности нек

объектов дневн

Примерные

	Свет	Цвет
Светло-красный		
Бесцветный		
Светло-желтый		

Проявления

Кратность

звующее

зцию при

светосиле объек

нению с эквал

негатива такой

Кратность све

стоянной, так как

светофильтра, за

излучения источ

ности эмульсии

Кратность све

может быть опр

а) сенситомет

кривых почерне

тельного слоя с

б) путем фот

него нейтрально

вестно изменени

в) путем фот

него исследуемо

После проявл

негативы, имею

ных частях обт

числяется крат

Полученное

сится только к

негативы.

Ниже приве

кратности нек

объектов дневн

Примерные

	Свет	Цвет
Светло-красный		
Бесцветный		
Светло-желтый		

Проявления

Кратность

звующее

зцию при

светосиле объек

нению с эквал

негатива такой

Кратность све

стоянной, так как

светофильтра, за

излучения источ

ности эмульсии

Кратность све

может быть опре

а) сенситометр

кривых почернен

тельного слоя со

б) путем фото

него нейтрально

вестно изменени

в) путем фото

него исследуемо

После проявл

негативы, имею

ных частях обт

числяется крат

Полученное

сится только к

негативы.

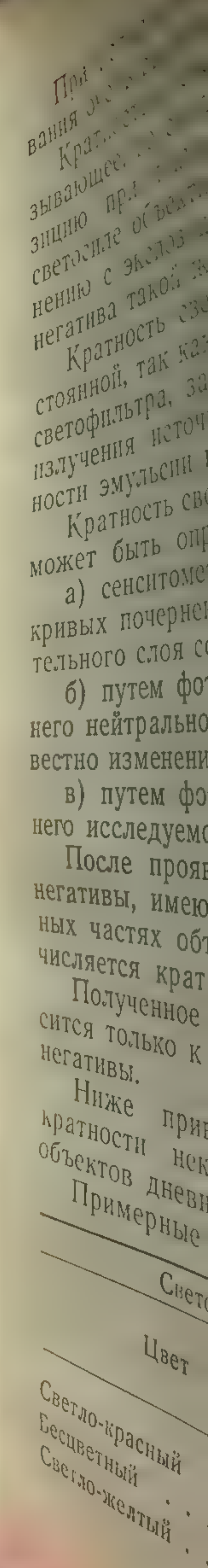
Ниже приве

кратности нек

объектов дневн

Примерные

	Свет	Цвет
Светло-красный		
Бесцветный		
Светло-желтый		



Проявления

Кратность

звующее

зцию при

светосиле объек

нению с эквал

негатива такой

Кратность све

стоянной, так как

светофильтра, за

излучения источ

ности эмульсии

Кратность све

может быть опр

а) сенситомет

кривых почерне

тельного слоя с

б) путем фот

него нейтрально

вестно изменени

в) путем фот

него исследуемо

После проявл

негативы, имею

ных частях обт

числяется крат

Полученное

сится только к

негативы.

Ниже приве

кратности нек

объектов дневн

Примерные

	Свет	Цвет
Светло-красный		
Бесцветный		
Светло-желтый		

[illegible]

При использовании светофильтра для фотографирования очень важно знать его кратность.

Кратностью светофильтра называется число, показывающее, во сколько раз необходимо увеличить экспозицию при наличии светофильтра (при неизменной светосиле объектива и освещенности объекта) по сравнению с экспозицией без светофильтра, для получения негатива такой же плотности.

Кратность светофильтра не является величиной постоянной, так как, кроме абсорбционной характеристики светофильтра, зависит от спектральной характеристики излучения источника света, спектральной чувствительности эмульсии и условий съемки.

Кратность светофильтра в каждом конкретном случае может быть определена одним из следующих способов:

а) сенситометрическим путем, т. е. путем построения кривых почернений для одного и того же светочувствительного слоя со светофильтром и без него;

б) путем фотографирования со светофильтром и без него нейтрально серой шкалы, относительно которой известно изменение экспозиции, создаваемое ее полями;

в) путем фотографирования со светофильтром и без него исследуемого объекта с различными экспозициями.

После проявления полученных снимков выбираются негативы, имеющие равные плотности в наиболее важных частях объекта, и из соотношения экспозиций вычисляется кратность фильтра.

Полученное значение кратности светофильтра относится только к тем условиям, в которых были получены негативы.

Ниже приведены ориентировочные значения для кратности некоторых светофильтров при освещении объектов дневным светом.

Примерные значения кратности светофильтров

Светофильтр		Фотоматериал		
Цвет	Марка	Изопан-хром	Панхром	Орто-хром и изоорто
Светло-красный	КС-1	—	5,0	—
Бесцветный	БС-8	1,0	1,0	1,0
Светло-желтый	ЖС-12	1,5	1,5	3,0

Из различных фильтров наиболее оказались так Эти фильтры пластинки плоских, одна из которых полупрозрачна, затем диэлектрик полупрозрачным повреждений фильтрующей. Область диэлектрической Наибольшие фильтры представляют диэлектрические, неизменными площади фильтров. В настоящее время выпускаются комплекты фильтров, состоящие из отдельных

§ 4. Классификация
Все световые
поглощения
следующие группы
11 Фотогр. и физ.

Из различных
фильтров наиб
оказались так

Эти фильтры
пластинки пло-
ров, одна из ст-
ся полупрозрач-
затем диэлектр-
лупрозрачным
вреждений фил-
стинкой. Обла-
диэлектри-

Наибольшие фильтров предс и диэлектричес ми, неизменным площади фильт В настоящее лает комплекты ления отдельны

§ 4. Классификация
Все световые
поглощения
следующие группы
11 Фотогр. и физ.

входят фильтры, содержащие газообразные хлор и бром в кюветах с кварцевыми стенками.

В последнее время успешно разрабатываются и входят в практику различного рода неабсорбционные фильтры. Действие этих фильтров основано на других оптических явлениях (интерференция света, двойное лучепреломление, полное внутреннее отражение, рассеяние и т. п.). Преимуществом этих фильтров перед абсорбционными является то, что они позволяют выделять очень узкие спектральные участки (так называемые монохроматические фильтры), причем со значительно меньшими потерями света, чем это имеет место в случае абсорбционных фильтров. Кроме того, неабсорбционные светофильтры могут быть изготовлены для таких участков спектра, для которых подбор абсорбционных фильтров оказывается очень затруднительным или даже невозможным (инфракрасная область спектра).

Из различных конструкций неабсорбционных светофильтров наиболее простыми и удобными в обращении оказались так называемые интерференционные фильтры.

Эти фильтры обычно выполняются в виде стеклянной пластинки площадью в несколько квадратных сантиметров, одна из сторон которой последовательно покрывается полупрозрачной пленкой серебра или иного металла, затем диэлектрической пленкой и, наконец, вторым полупрозрачным слоем. Для защиты от механических повреждений фильтр прикрывается второй стеклянной пластинкой. Область пропускания определяется толщиной диэлектрической прослойки.

Наибольшие трудности при изготовлении таких фильтров представляет нанесение тонких металлических и диэлектрических пленок с определенными параметрами, неизменными на протяжении сравнительно большой площади фильтра.

В настоящее время наша промышленность изготовляет комплекты интерференционных фильтров для выделения отдельных узких участков спектра.

§ 4. Классификация и маркировка светофильтров

Все светофильтры в зависимости от характера кривой поглощения и назначения могут быть разделены на следующие группы:

а) Селективные светофильтры, т. е. такие, которые пропускают одну более или менее широкую область спектра. Разновидностью этого вида светофильтров являются так называемые монохроматические фильтры, пропускающие сравнительно узкие участки спектра.

б) Субтрактивные фильтры — поглощающие сравнительно узкую область спектра и пропускающие остальные лучи.

в) Компенсационные фильтры, служащие для исправления или умышленного искажения цветопередачи при фотографической съемке. Делятся на две группы:

1. Светофильтры для правильной цветопередачи.

2. Контрастные светофильтры, служащие для выделения одного какого-либо цвета.

Изготавливаемые в СССР абсорбционные светофильтры из цветного стекла различаются по маркам, состоящим из двух или трех букв и номера. Первая, а иногда и вторая буква являются начальными буквами наименования цвета:

УФС	— ультрафиолетовые	стекла
ФС	— фиолетовые	»
СС	— синие	»
СЗС	— сине-зеленые	»
ЗС	— зеленые	»
ЖЗС	— желто-зеленые	»
ЖС	— желтые	»
ОС	— оранжевые	»
КС	— красные	»
ИКС	— инфракрасные	»
ПС	— пурпурные	»
НС	— нейтральные	»
ТС	— темные	»
БС	— белые стекла с различной степенью пропускания в ультрафиолетовой области спектра.	

Стекла УФС-1, УФС-2, СЗС-14, ЗС-7, ПС-11 и БС-1 светонеустойчивы; длительное облучение ультрафиолетовыми лучами приводит к значительному изменению их спектрального поглощения.

Далее приведены области спектрального пропускания и поглощения отечественных светофильтров, изготовленных из цветного стекла:

Марка
светофильтра

УФС-1
УФС-2
УФС-3
УФС-4
ФС-1
ФМ-6

ФС-7

СС-4

СС-5
СЗС-8

СЗС-9

СЗС-10

СЗС-10+ЖС-16

СЗС-10+ЖС-17

СЗС-11

СЗС-11+ЖС-16

СЗС-18

СЗС-12

СЗС-12+ЖС-16

СЗС-14

СЗС-5

ЗС-1

ЗС-2

ЗС-7+СЗС-18

ЖС-11

ОС-12+СЗС-10
11*

Марка светофильтра	Выде- ляемая область (ммк)	Погло- щаемая область (ммк)	Марка светофильтра	Выде- ляемая область (ммк)	Поглоще- мая область (ммк)
УФС-1	240—400		ОС-14+СЗС-10	580—600	
УФС-2	270—380		КС-17	670—2700	
УФС-3	320—390		КС-18	680—2800	
УФС-4	340—390		КС-19	700—2800	
ФС-1	330—460		ИКС-1	800—2800	
ФМ-6	290—460		ИКС-2	840—2800	
	II				
	720—1200				
ФС-7	300—440		ИКС-3	860—2800	
	II				
	730—1100				
СС-4	340—470		ПС-8		500—
					550
СС-5	370—500		ПС-9	430—340	
СЗС-8		580—1200	ПС-11	250—460	460—
					660
СЗС-9		540—1500	БС-1	Ультра- фиолето- вые лучи до 220	
СЗС-10		590—1800	БС-2	Ультра- фиолето- вые лучи до 240	
СЗС-10+ЖС-16	470—570		БС-3	То же	до 270
СЗС-10+ЖС-17	480—570		БС-4	» »	» 290
СЗС-11	370—570	560—720	БС-5	» »	» 310
СЗС-11+ЖС-16	460—540		БС-6	» »	» 320
СЗС-18		590—1900	БС-7	» »	» 360
СЗС-12	370—550	540—730	БС-8	» »	» 370
СЗС-12+ЖС-16	460—580				
СЗС-14		740—3000			
СЗС-5		640—1600			
ЗС-1	480—570				
ЗС-2	500—570				
ЗС-7+СЗС-18	510—530				
ЖС-11		Ультра- фиолето- вые лучи до			
		410—420			
ОС-12+СЗС-10		540—570			

§ 5. Изготовление светофильтров

При отсутствии светофильтров с требуемыми характеристиками таковые могут быть изготовлены в лабораторных условиях. Наиболее простым является изготовление абсорбционных светофильтров с окрашенными желатиновыми пленками, заключенными между двумя стеклянными плоскопараллельными пластинками.

Техника изготовления подобных светофильтров такова.

Прежде всего, пользуясь имеющимися в литературе данными относительно спектрального поглощения света различными красителями, определяют, какой краситель и в какой концентрации должен быть взят, чтобы обеспечить нужную спектральную кривую поглощения. Концентрация красителя выражается обычно в г/м² поверхности фильтра.

Наиболее простым способом изготовления светофильтров является метод купания, при котором не проявленная, но отфиксированная и промытая фотопластинка или пленка погружаются на короткое время в раствор красителя определенной концентрации, после чего пластинку ополаскивают водой и сушат. Способ этот, хотя и очень прост, но не обеспечивает получения светофильтров с заданными характеристиками. Лучшие результаты дает изготовление светофильтров путем полива. Для этого предварительно заготавливают 6—8% расплав желатины (применять желатину высшего качества и дистиллированную воду: желатину заливают холодной водой и дают набухать в течение 2—3 час., после чего нагревают в водяной бане до 50—60°) из расчета 1 мл расплава на 10 см² поверхности фильтра.

Специально отобранные и проверенные на плоскопараллельность стекла (могут быть использованы плоскопараллельные очковые стекла) тщательно очищаются и укладываются на зеркальное стекло, установленное строго горизонтально по уровню. Стекла поливаются желатиновым расплавом, к которому предварительно было добавлено требуемое количество красителя. Желатине дают застудениться, после чего политые фильтры сушат по возможности в помещении, где нет пыли.

Для предохранения желатинового слоя фильтра от повреждений на изготовленный светофильтр наносят не-

сколько к...
твого...
покрывает...
дней под...

§ 6. Пр...

При работ...
дение следу...

1. Стекла...
2. Пленоч...
3. Следую...
4. Загрязн...

тереть чистот...
почкой или п...
5. Для б...
при повышен...
6. Склеенн...

спиртом.
При фот...

установлен в...
А. Перед...
мал и може...
Этот способ...
оптические ка...
лей) не играю...
гут быть исп...

без ущерба д...
Б. Перед с...
фильтры долж...
больших разм...
случае сдвига...

не светофильтр...
В. Между п...
случае пленочн...
Г. Перед об...

чаются на пр...
недостатки свет...
изображения, ч...

сколько капель склеивающего вещества — раствора пихтового или канадского бальзама в ксилоле, после чего покрывают вторым стеклом и помещают на несколько дней под легкий пресс.

§ 6. Правила обращения со светофильтрами

При работе со светофильтрами рекомендуется соблюдение следующих правил:

1. Стекланные светофильтры следует всегда держать в футлярах, вынимая их оттуда только на время работы.
2. Пленочные или целлулоидные фильтры лучше всего хранить между двумя листками чистой белой бумаги.
3. Следует избегать длительного нахождения светофильтров на ярком свете.
4. Загрязненную поверхность фильтра следует протереть чистой мягкой полотняной или бумазейной тряпочкой или папиросной бумагой.
5. Для большинства фильтров опасно пребывание при повышенной температуре.
6. Склеенные светофильтры нельзя мыть водой или спиртом.

При фотографировании светофильтр может быть установлен в одном из следующих положений:

А. Перед источником света, если таковой достаточно мал и может быть полностью закрыт светофильтром. Этот способ помещения светофильтра удобен тем, что оптические качества (плоскопараллельность, наличие сви-лей) не играют существенной роли и, следовательно, могут быть использованы фильтры пониженного качества без ущерба для качества изображения.

Б. Перед светочувствительным материалом. При этом фильтры должны быть высокого качества и достаточно больших размеров. Плоскость резкой фокусировки в этом случае сдвигается вперед на расстояние, равное толщине светофильтра.

В. Между линзами объектива. Применяется только в случае пленочных светофильтров.

Г. Перед объективом. Этот случай чаще всего встречается на практике: при нем отдельные оптические недостатки светофильтра меньше влияют на качество изображения, чем при размещении светофильтра за

объективом. Наводку на резкость следует производить с надетым светофильтром; в противном случае необходимо учесть, что расстояние до объекта уменьшается на величину, равную $\frac{1}{3}$ толщины фильтра (имеет особенное значение при макро- и микрофотографировании).

Д. Позади объектива. Влияние светофильтра в этом случае сказывается в смещении плоскости резкой наводки на расстояние, равное $\frac{1}{3}$ толщины фильтра. Этого можно не учитывать, если наводка на резкость производится с установленным светофильтром.

§ 7. Применение спектральных осветителей

Вместо светофильтров, устанавливаемых перед источником света, могут быть использованы специальные спектральные осветители, позволяющие осветить исследуемый объект светом любого спектрального состава. Схема устройства подобного осветителя представлена на рис. VII—3.

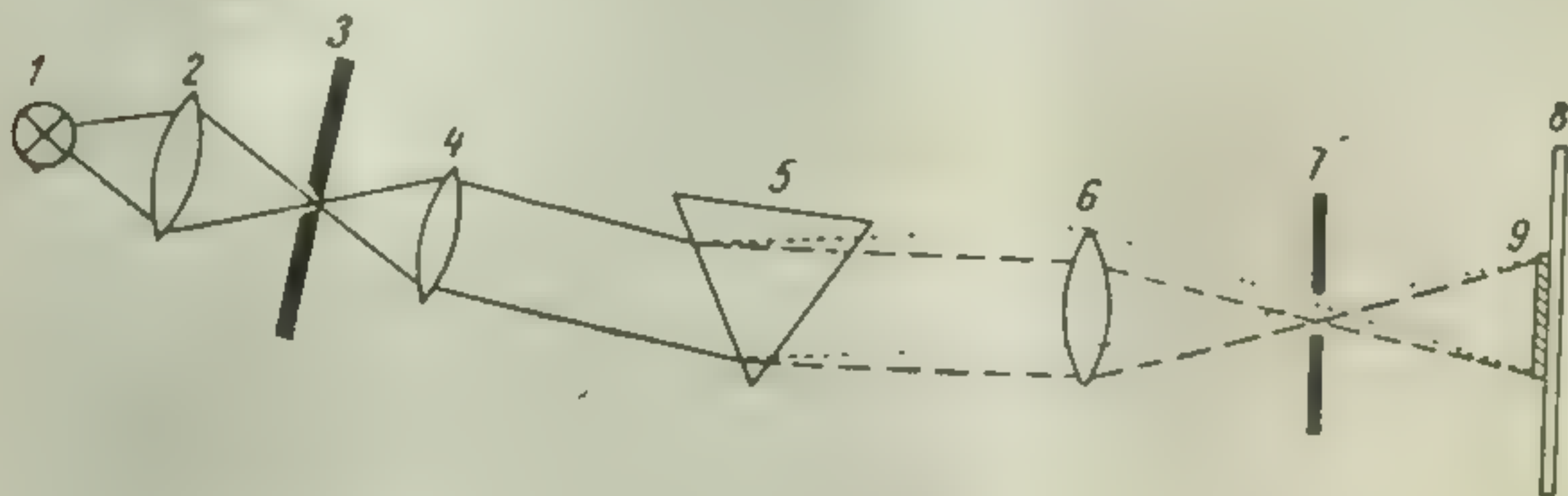


Рис. VII—3. Схема спектрального осветителя

Осветитель, состоящий из кинопроекционной (200—500 вт) или иной точечной лампы «1» и конденсора «2», освещает щель «3», находящуюся в фокусе коллимирующей линзы «4». Эта линза направляет пучок параллельных лучей на призму «5». Отклоненный и разложенный призмой на цветовые, составляющие пучок, попадает на собирающую линзу «6», дающую изображение спектра. В этом месте расположена система заслонок «7», позволяющая закрывать (и, следовательно, таким образом выключать) любую часть спектра. Лучи, не закрытые заслонками «7», освещают объект «9», расположенный на экране «8». Закрывая отдельные участки

спектра заслонками «7», можно осветить исследуемый объект светом любого цвета.

Спектральный осветитель представляет широкие возможности освещения объекта светом любого спектрального состава, заменяя большое количество разнообразных светофильтров. Особенно удобны такие осветители при исследовании документов; передвигая заслонки «7», можно добиться такого освещения, при котором становятся заметны различия в оттенках чернил, карандашей, бумаги и др. объектов, незаметные при обычных условиях освещения.

ЛИТЕРАТУРА

- В. А. Ф а с с, Светофильтры, Кинофотоиздат, М., 1936.
Г и н з б у р г, Светофильтры, М., 1936.
Г. В. Розенберг, Оптика тонкослойных покрытий, М., 1958.
С. С. Баранов, С. В. Хлудов, Э. В. Шпольский, Атлас спектров пропускания прозрачных окрашенных пленок, изд-во АН СССР, 1948.
В. М. Ф р и д м а н, Фотография, М., 1957.
Б. Р. Киричинский, Ю. В. Игнатович, Криминалистика и научно-судебная экспертиза, Сб. III, Киев, 1949.
А. Г ю б л ь, Ортохроматическая фотография и светофильтры, Теакинопечат, 1930.
В. В. Дмоховский, Применение светофильтров в натурной съемке, «Искусство», М., 1956.
-
-

Глава VIII

ПРАВИЛЬНАЯ И ИСКАЖЕННАЯ ПЕРЕДАЧА ЯРКОСТЕЙ ЦВЕТНЫХ ОБЪЕКТОВ В ЧЕРНО-БЕЛОМ ИЗОБРАЖЕНИИ

В черно-белом фотографическом изображении все разнообразие встречающихся в природе цветов передается шкалой серых тонов. Любой цветной предмет при соответствующих условиях может быть воспроизведен в таком виде, чтобы соотношение серых тонов изображения соответствовало зрительному впечатлению от яркостей цветов объекта; такое правильное воспроизведение яркостей цветов называют ортохроматическим. Изменив определенным образом условия съемки, этот же объект можно сфотографировать так, чтобы яркостные соотношения его цветов в изображении были искажены, например, наиболее яркие желтые или оранжевые детали были переданы более темными тонами, чем синие и фиолетовые, которые в действительности представляются нам наиболее темными; такой способ воспроизведения цветных объектов носит название анортохроматической или цветоделительной фотографии.

§ 1. Правильное воспроизведение яркостей цветных объектов

Правильное воспроизведение цветов объекта в отношении их яркостных характеристик необходимо в различных случаях судебной фотографии: при съемке об-

щей картины места происшествия, при фотографировании вещественных доказательств, а также и в отдельных случаях исследовательской фотографии.

Правильность воспроизведения яркости цветовых тонов в черно-белом изображении зависит от следующих факторов:

а) Спектральной чувствительности используемых фотоматериалов.

б) Распределения энергии в спектре излучения источника света, применяемого при фотографировании.

в) Характеристики используемых светофильтров.

Несенсибилизированные фотографические материалы (диапозитивные пластинки, позитивная пленка) чувствительны только к фиолетовым и синим лучам, тогда как максимум чувствительности человеческого глаза приходится на желто-зеленую зону спектра. Естественно, что на таких фотоматериалах правильное воспроизведение яркостей цветных объектов не может быть достигнуто.

Если три окрашенные поверхности — фиолетовая, зеленая и оранжевая объективно имеют одинаковые яркости, т. е. отражают равные количества световой энергии, то человеческому глазу эти яркости представляются различными; наиболее яркой кажется зеленая поверхность, затем следует оранжевая и наименее яркой фиолетовая. Если эти три поверхности сфотографировать на несенсибилизированной пластинке (или пленке), то соотношение их яркостей на фотоснимке в позитиве будет совершенно иным: фиолетовая поверхность окажется наиболее светлой, зеленая темно-серой, а оранжевая совершенно черной. Поскольку применяемые для фотографирования светофильтры должны в какой-то степени пропускать те лучи, к которым чувствительна пластинка, то для фотографирования на несенсибилизированных материалах могут быть использованы только синие и фиолетовые светофильтры, которые не только не компенсируют, но усугубят искажение цветопередачи.

Ортохроматические эмульсии, будучи очувствленными к желтым и зеленым лучам, позволяют получить на снимке более правильное соотношение яркостей цветовых тонов, однако ввиду полной нечувствительности их к красному излучению все красные объекты на снимках в позитиве оказываются черными. Панхроматические материалы обладают чувствительностью к лучам всего

видимого спектра, в том числе и к красным лучам, но в зеленой зоне чувствительность их значительно понижена; изопанхроматические материалы характеризуются наиболее равномерной чувствительностью к различным зонам видимого спектра.

На рис. VIII—1 приведены кривые спектральной чувствительности глаза и различных видов фотографических

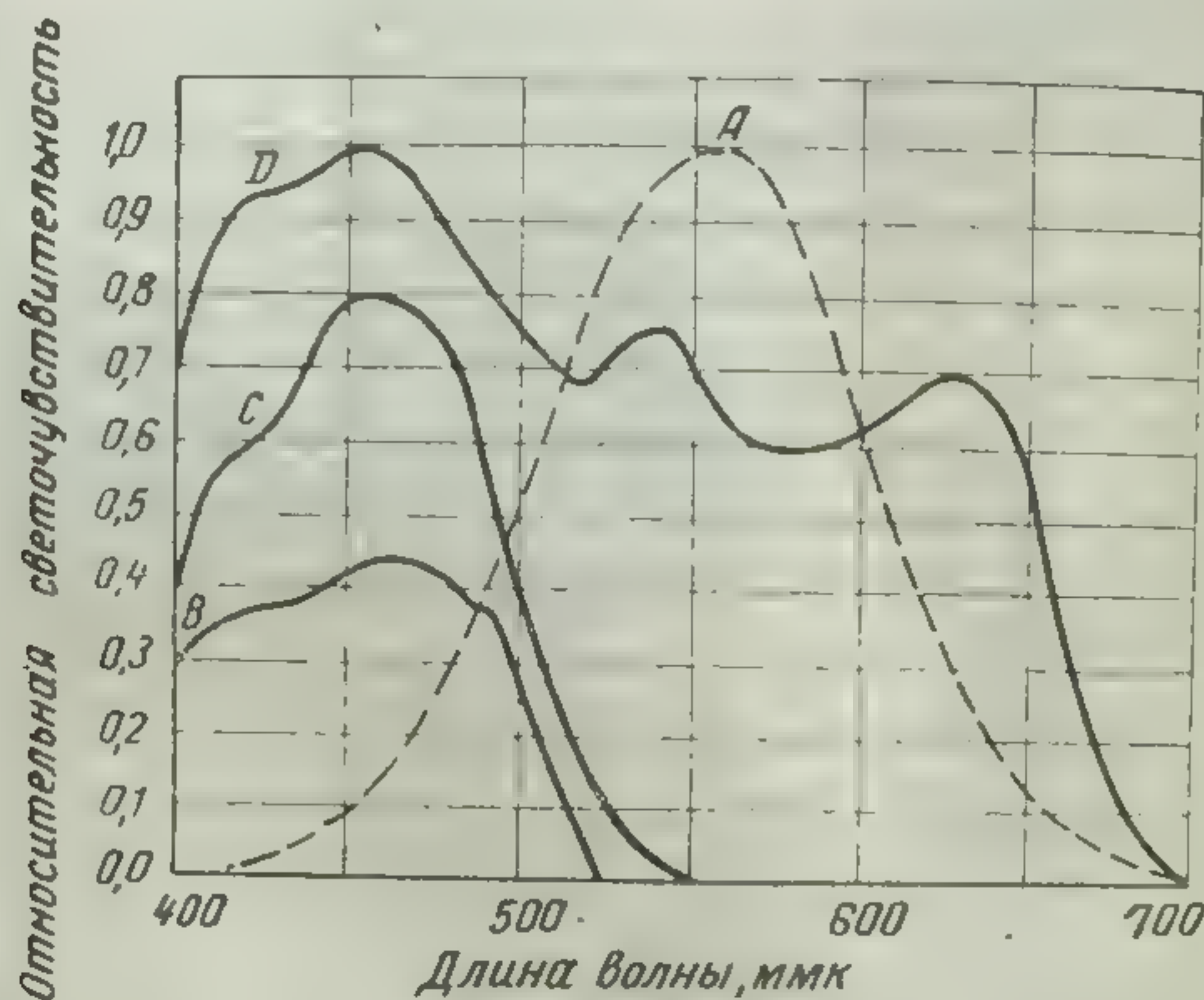


Рис. VIII—1. Кривые спектральной чувствительности глаза и фотографических эмульсий

эмульсий при источнике освещения с цветовой температурой 5400°K (принятый стандарт для среднего полуденного солнечного света). Кривая *A* представляет кривую спектральной чувствительности глаза, кривая *B* — нечувствительного материала, *C* — ортохроматического и *D* — изопанхроматического. Из рассмотрения графика явствует, что чувствительность всех эмульсий в значительной степени отличается от чувствительности глаза; в частности, естественная чувствительность фотографических эмульсий к сине-фиолетовому излучению всегда выше, чем чувствительность к длинноволновым лучам, сообщаемая эмульсиям путем sensibilization. Поэтому и на фотоснимках, производимых на современных изопанхроматических материалах без светофильтров, правильность передачи яркостей цветных объектов оказывается в большей или меньшей степени нарушенной, так как она зависит также и от спектрального состава излучения примененного источника освещения.

В излучении электрических ламп накаливания содержится значительно меньше сине-фиолетовых и больше желто-оранжевых лучей, чем в дневном свете и в излучении ламп дневного света. На рис. VIII—2 приведены два фотоснимка одной и той же цветной шкалы: первый из них произведен на панхроматическом материале при солнечном освещении, а второй (на этом же фотоматериале) — при лампах накаливания. При изучении этих снимков зависимость передачи яркостей от источника освещения становится очевидной; так, на снимке,

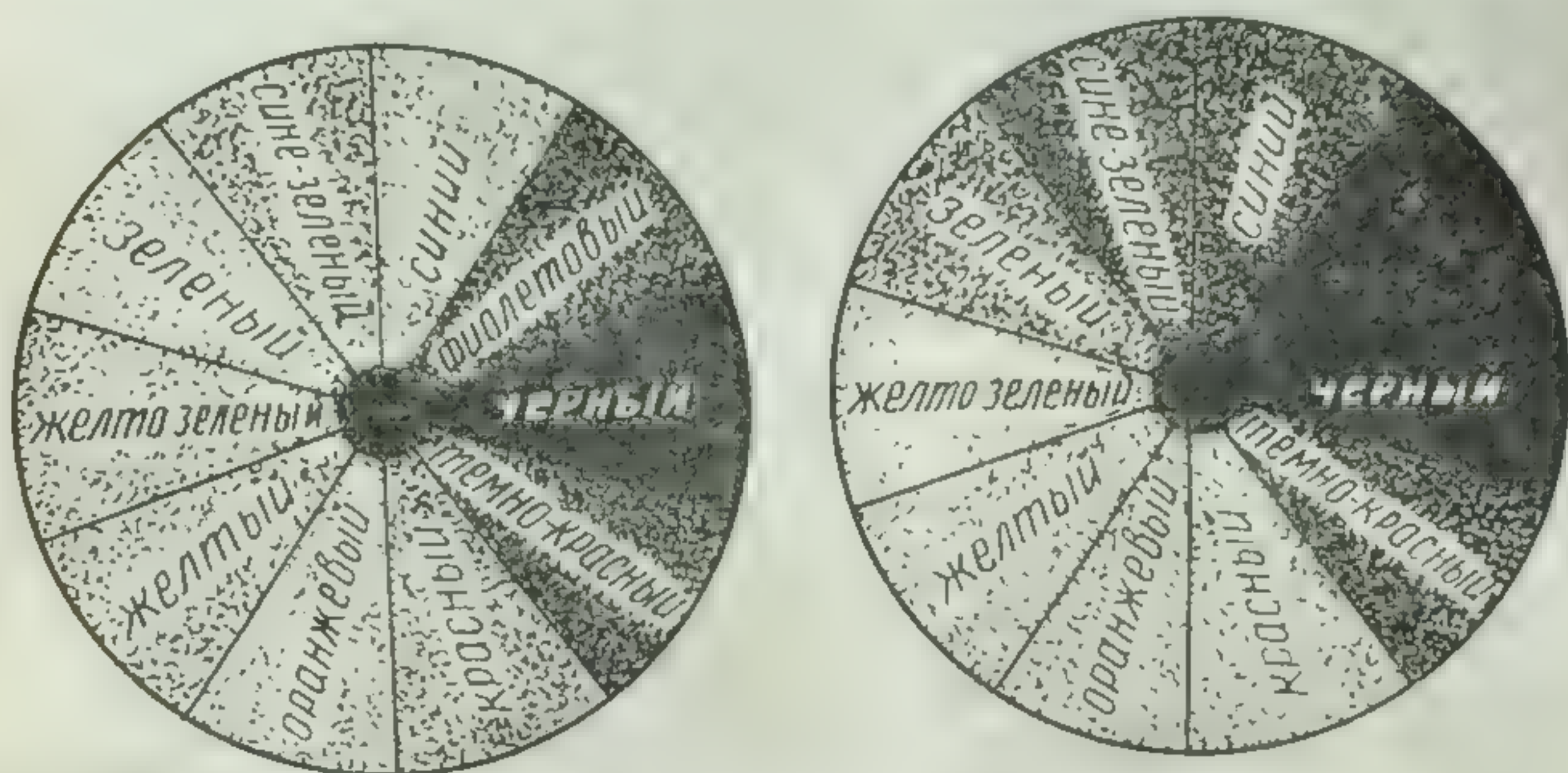


Рис. VIII—2. Цветная шкала, сфотографированная при дневном свете и с лампой накаливания

произведенном при лампе накаливания, фиолетовый тон представляется наиболее темным и не отличается от черного; синий, сине-зеленый и зеленый тона выглядят темнее красного; на фотоснимке, произведенном при солнечном свете, наоборот, синий тон светлее красного, а фиолетовый и красный почти одинаковы.

Из этого явствует, что для достижения правильной передачи яркостей цветных объектов при фотографировании на дневном свете требуются иные условия, чем при фотографировании того же объекта, освещенного лампами накаливания.

Чтобы получить правильное соотношение яркостей цветов на снимке, производимом при дневном освещении, необходимо ослабить воздействие на фотослой сине-фиолетовых лучей по отношению к длинноволновым лучам, т. е. изменить спектральный состав излучения,

попадающего на фотослой, таким образом, чтобы компенсировать недостаточную чувствительность слоя к длинноволновым лучам. Это осуществляется путем применения желтых светофильтров, носящих название компенсационных.

При фотографировании с лампами накаливания желтые светофильтры часто оказываются излишними ввиду значительного содержания желтых лучей в их излучении; наоборот, если в объекте преобладают темно-синие и фиолетовые тона, следует использовать какой-либо из наименее плотных синих фильтров типа СС-9 или СС-13.

Из желтых светофильтров, выпускаемых нашей промышленностью в качестве компенсационных, применяются фильтры ЖС-12, ЖС-17, ЖС-18 и ОС-12, характеристики которых приведены в предыдущей главе. При выборе светофильтра и фотоматериала необходимо учитывать соотношение цветов в фотографируемом объекте. Если объект совсем не содержит красных и оранжевых деталей, фотографирование можно производить на пластинках ортохроматических или изоортохроматических, применяя светофильтр ЖС-12 или ЖС-17. Если же детали объекта окрашены в красные или оранжевые тона, следует использовать панхроматические пластинки или пленку «изопан»; если при этом в объекте отсутствуют синие и зеленые тона, можно применить светофильтр ЖС-18, или ОС-12; если же наряду с красными деталями объект содержит синие и сине-зеленые, лучше пользоваться светофильтром ЖС-12, так как при применении более плотного желтого или оранжевого светофильтра эти детали получатся на снимке слишком темными.

Остановимся на условиях съемки для правильной передачи яркостей некоторых объектов, наиболее часто встречающихся в практической работе криминалистических лабораторий.

Тексты или подписи, выполненные фиолетовыми чернилами на белой бумаге, представляются весьма контрастными, поскольку чувствительность нашего глаза к фиолетовому относительно весьма низкая. Чтобы сохранить такое соотношение яркостей на фотоснимке, в тех случаях, когда снимок является просто иллюстративным, а не производится с целью исследования структуры штрихов или выявления слабо видимых деталей, фотографирование следует производить на ортохроматиче-

ских или
при этом
зависимости
нии источ
жевых луч
ных контр
быть про
или иных
панхромат
заменены
ставляющ

Фотогр
голубыми
хроматиче
оранжевы

Для ф
дящихся
пластинки
положено
мерного к
материаль
ЖС-18.

Такие
невых по
не отличи
производи
или при л
териалы и
ный светос

Искаже
товых тоно
ной исследу
ваний мате
ке яркостн
ем возможн
наш глаз не
кими деталя
го, смытого
и оттиски п

ских или изоортохроматических пластинках, применяя при этом желтый светофильтр ЖС-12 или ЖС-17, в зависимости от контрастности пластинок; если в излучении источника света содержится много желтых и оранжевых лучей, то на изоортохроматических репродукционных контрастных пластинках фотографирование может быть произведено без светофильтра. Если в силу тех или иных причин фотографирование производится на панхроматической пленке, желтые фильтры должны быть заменены на желто-зеленые, поглощающие красную составляющую фиолетовой окраски штрихов.

Фотографирование текстов, написанных синими или голубыми чернилами, может быть произведено на ортохроматических или панхроматических материалах с оранжевым светофильтром ОС-12.

Для фотографирования следов и пятен крови, находящихся на светлых поверхностях, можно использовать пластинки «изоорто» без светофильтра; если пятно расположено на белой поверхности, то во избежание чрезмерного контраста следует применять панхроматические материалы и компенсационный светофильтр ЖС-17 или ЖС-18.

Такие же следы и пятна на темных, серых или коричневых поверхностях могут оказаться на снимке почти не отличимыми от фона; поэтому независимо от того, производится ли фотографирование при дневном свете или при лампах накаливания, следует использовать материалы изоорто или изохром и зеленый или сине-зеленый светофильтр.

§ 2. Цветodelительная фотография

Искаженная передача яркостных соотношений цветовых тонов имеет особенно большое значение в судебной исследующей фотографии, в частности, при исследовании материальной части документов. Изменяя на снимке яркостные соотношения цветных объектов, мы имеем возможность получать изображение деталей, которые наш глаз не в состоянии различить в самом объекте. Такими деталями могут являться следы штрихов вытертого, смытого, вытравленного текста, выцветшие тексты и оттиски печатей и штампов, зачеркнутые и залитые

чернилами тексты, а также различного рода дописки и дорисованные штрихи в измененных цифрах и буквах, не отличающиеся заметным образом по окраске от первоначальных штрихов.

Предположим, что объектом исследования является часть текста документа, написанного зелеными чернилами, залитая или замазанная фиолетовыми чернилами; если на пути лучей, отражаемых объектом и идущих к приемнику, поместить светофильтр, поглощающий зеленые лучи и пропускающий фиолетовые и красные, отражаемые фиолетовыми чернилами, мы получим изображение скрытого пятном текста.

Если основной текст документа написан чисто фиолетовыми чернилами, а дописка произведена фиолетовыми чернилами с примесью синего красителя, то, применив светофильтр, полностью поглощающий синие лучи и пропускающий фиолетовые и красные, мы получим четкое изображение только дописанных частей текста.

Успешность решения задач цветоделительной фотографии зависит в основном от правильного выбора светофильтра. При этом нужно учитывать, что результаты фотографирования не всегда будут соответствовать результатам визуального наблюдения через светофильтры, поскольку спектральная чувствительность фотоматериалов в той или иной степени отличается от спектральной чувствительности глаза. Поэтому наряду с выбором светофильтра в каждом случае необходимо решать вопрос и о сорте пластинок, на которых надлежит производить фотографирование. Правильный подбор фотоматериала в некоторых случаях упрощает выбор светофильтра, так как иногда для достижения удовлетворительных результатов при визуальном исследовании приходится использовать комбинацию из двух или нескольких светофильтров, а, применив пластинку, нечувствительную к определенной зоне спектра, можно ограничиться одним светофильтром. При правильном подборе фотоматериала положительный результат визуального наблюдения может быть усугублен на фотоснимке.

Цветоделительная фотография как самостоятельный метод исследования в криминалистике впервые была применена Буринским, который использовал для целей разделения близких цветовых тонов коллодионные пластинки, чувствительные только к сине-фиолетовым лу-

чам с ре-
новолнов-
ко спектр-
ной эмуль-
ными во-
фотогра-
ты лиш-
ленными
вило, и
им с по-
кратног-
к проце-

В на-
пускаем
светофи-
тоделит-
тоделен-
развити-
возмож-
нованно-
лучения

Осно-
являются
1. У-
ми сло-
действи-
снимке,
должны

Прим-
шающих
маги В-
яркости
случае я-
эти ярк-
2. До-
сравни-
снимке
шение яр-

чам с резким падением чувствительности к более длинноволновой части спектра. Понятно, что, оперируя только спектральной чувствительностью несенсибилизированной эмульсии, Буринский располагал весьма ограниченными возможностями для применения цветоделительной фотографии и мог получать положительные результаты лишь для некоторых объектов, обладавших определенными спектральными свойствами. Поэтому, как правило, цветоделительная фотография комбинировалась им с последующим усилением контрастов путем многократного совмещения пленок, которое он также относил к процессу цветоделения.

В настоящее время разнообразный ассортимент выпускаемых нашей промышленностью фотоматериалов и светофильтров несравненно расширяет возможности цветоделительной фотографии, позволяя производить цветоделенные снимки в любой зоне видимого спектра, а развитие спектрофотометрии и сенситометрии создает возможность перехода от эмпирического к научно-обоснованному подбору условий фотографирования для получения оптимальных результатов.

Основными задачами цветоделительной фотографии являются следующие:

1. Удаление объекта, расположенного на фоне, иными словами, яркости двух объектов B_0 и B_ϕ , которые в действительности отличаются друг от друга, на фотоснимке, произведенном в определенной зоне спектра, должны быть представлены одинаковыми почернениями:

$$B'_0 = B'_\phi \quad \text{или} \quad \frac{B'_0}{B'_\phi} = 1$$

Примером такой задачи может служить удаление мешающих штрихов или пятен на документе; яркость бумаги B_ϕ в действительности значительно отличается от яркости пятна B_0 ; задачей фотографирования в данном случае является подбор таких условий, при которых обе эти яркости на фотоснимках были бы одинаковыми.

2. Достижение максимального контраста объекта по сравнению с фоном. В этом случае яркость объекта на снимке должна быть максимально понижена. Соотношение яркостей объекта и фона должно быть $\frac{B_\phi}{B_0} = \max$.

В негативе объект будет прозрачным, а фон темным, в позитиве — наоборот.

Эта задача возникает при восстановлении следов текстов, оттисков печатей и пр., слабо различаемых на фоне бумаги.

Возможен и другой вариант этой задачи, когда должна быть максимально понижена яркость фона, если он является цветным; соотношение яркостей будет $\frac{B_0}{B_{\phi}} = \max$; в негативе объект воспроизводится темным, а фон прозрачным, в позитиве — наоборот.

Более сложными задачами цветоделения являются те случаи, когда на фоне находятся два объекта и необходимо на одном снимке максимально повысить яркость одного объекта относительно яркости другого — $\frac{B_1}{B_2} = \max$; а на другом — наоборот, необходимо, чтобы яркость объекта B_2 максимально превосходила яркость объекта B_1 , т. е., чтобы $\frac{B_1}{B_2} = \min$ при неизменной яркости фона.

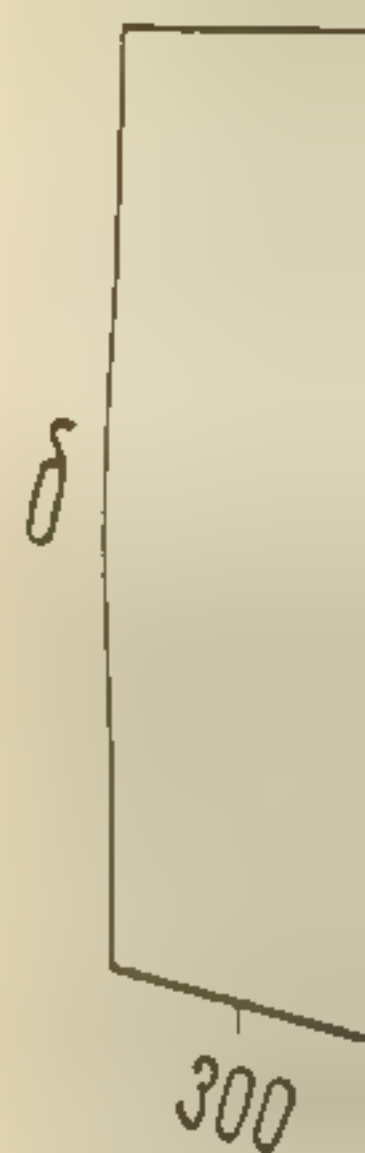
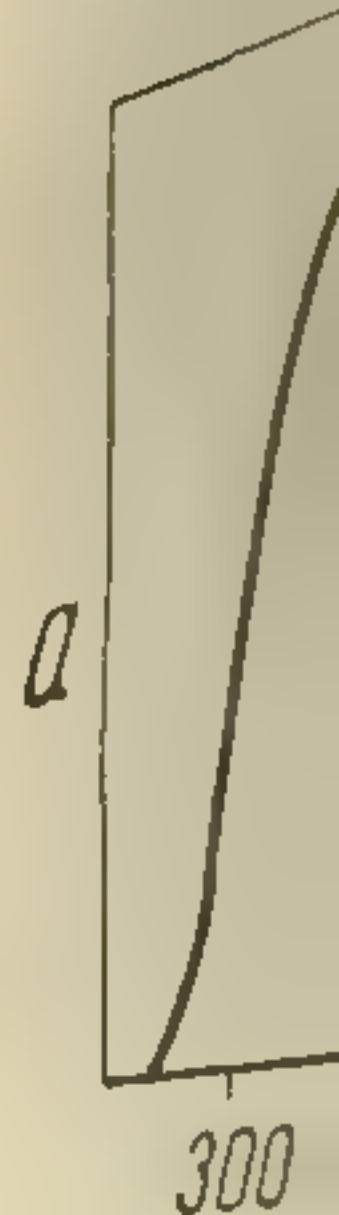
Такая задача может возникнуть, когда целью исследования является дифференциация штрихов, нанесенных при дописке или изменении частей текста, от штрихов первоначального текста. Как правило, штрихи дописки визуальнo мало или вовсе не отличаются от штрихов основного текста. Задачей цветоделительной фотографии является подбор условий, при которых на фотоснимках яркость штрихов дописки B_1 максимально отличалась бы от яркости первоначальных штрихов B_2 .

Если известны спектральные характеристики объектов и светофильтров, выбор условий фотографирования производится достаточно просто, как это показано на следующих примерах решения задач цветоделения.

1. Предположим, что нам необходимо удалить на снимке пометки, произведенные фиолетовыми чернилами на белой бумаге документа.

На графике рис. VI—5 представлена спектральная кривая отражения штрихов фиолетовых чернил; кривая белой бумаги условно представляется в виде прямой горизонтальной линии на ординате 100%. Необходимо выбрать для фотографирования такие зоны спектра, в которых яркости штрихов и бумаги представляются одинаковыми, т. е. кривые спектральных коэффициентов яр-

кости на
ближе к
чае явля
начиная
жны сфо



светофил
или КС-1
дены на
менить ди
ку; чувств
данном сл
глощаются
ходима па
представле
хов на бла
12 Фотогр.

кости находятся на одном уровне или максимально приближаются друг к другу. Такими зонами в данном случае являются фиолетовый участок до 430 мкм и красный, начиная, примерно, с 670 мкм. Следовательно, мы должны сфотографировать документ либо с фиолетовым

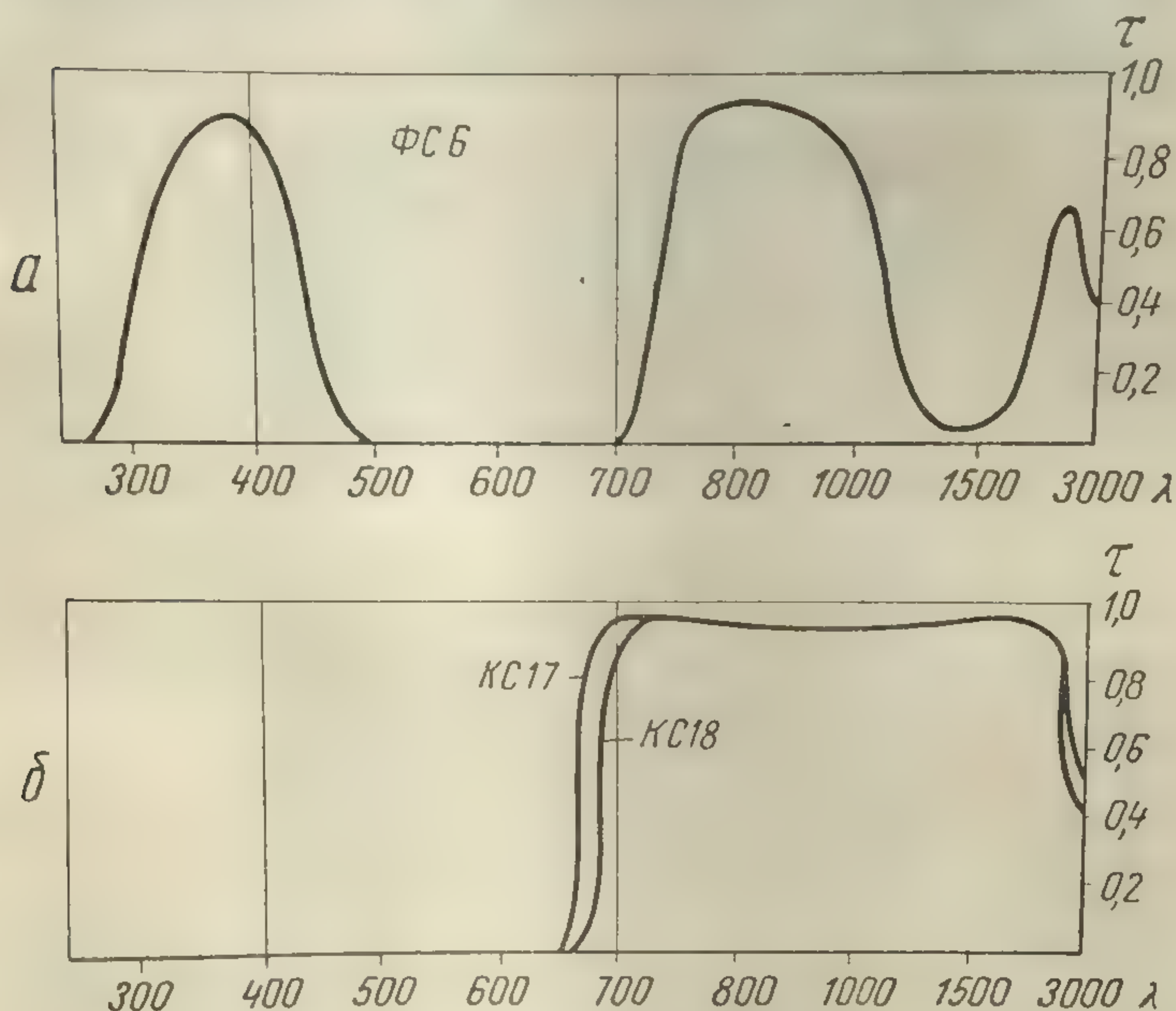


Рис. VIII—3. Кривые пропускания светофильтров:
а — ФС-6, б — КС-17 и КС-18

светофильтром, например ФС-6, либо с красным — КС-17 или КС-18. Кривые пропускания светофильтров приведены на рис. VIII—3. В первом варианте можно применить диапозитивную или ортохроматическую пластинку; чувствительность пластинки к желто-зеленым лучам в данном случае не имеет значения, так как эти лучи поглощаются светофильтром; для второго варианта необходима панхроматическая эмульсия. На рис. VIII—4 представлены обычный фотоснимок фиолетовых штрихов на бланке и фотоснимок этого же участка бланка,

произведенный со светофильтром КС-18 на панхроматической пластинке.

2. В качестве примера решения задачи цветоделительной фотографии, т. е. максимального понижения яркости первого объекта относительно яркости второго, можно привести восстановление текста, выполненного синими чернилами и залитого фиолетовыми. На графике

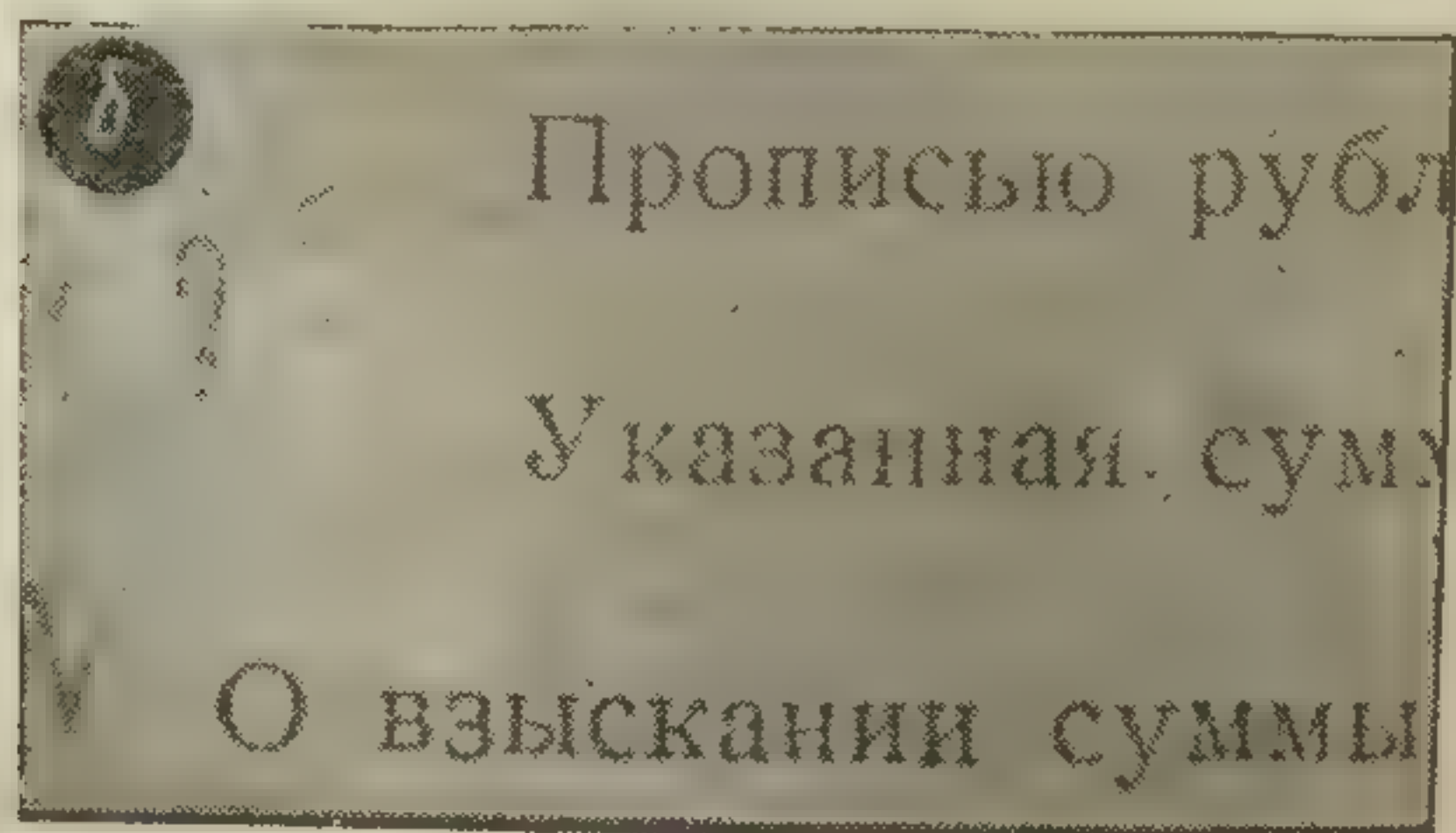
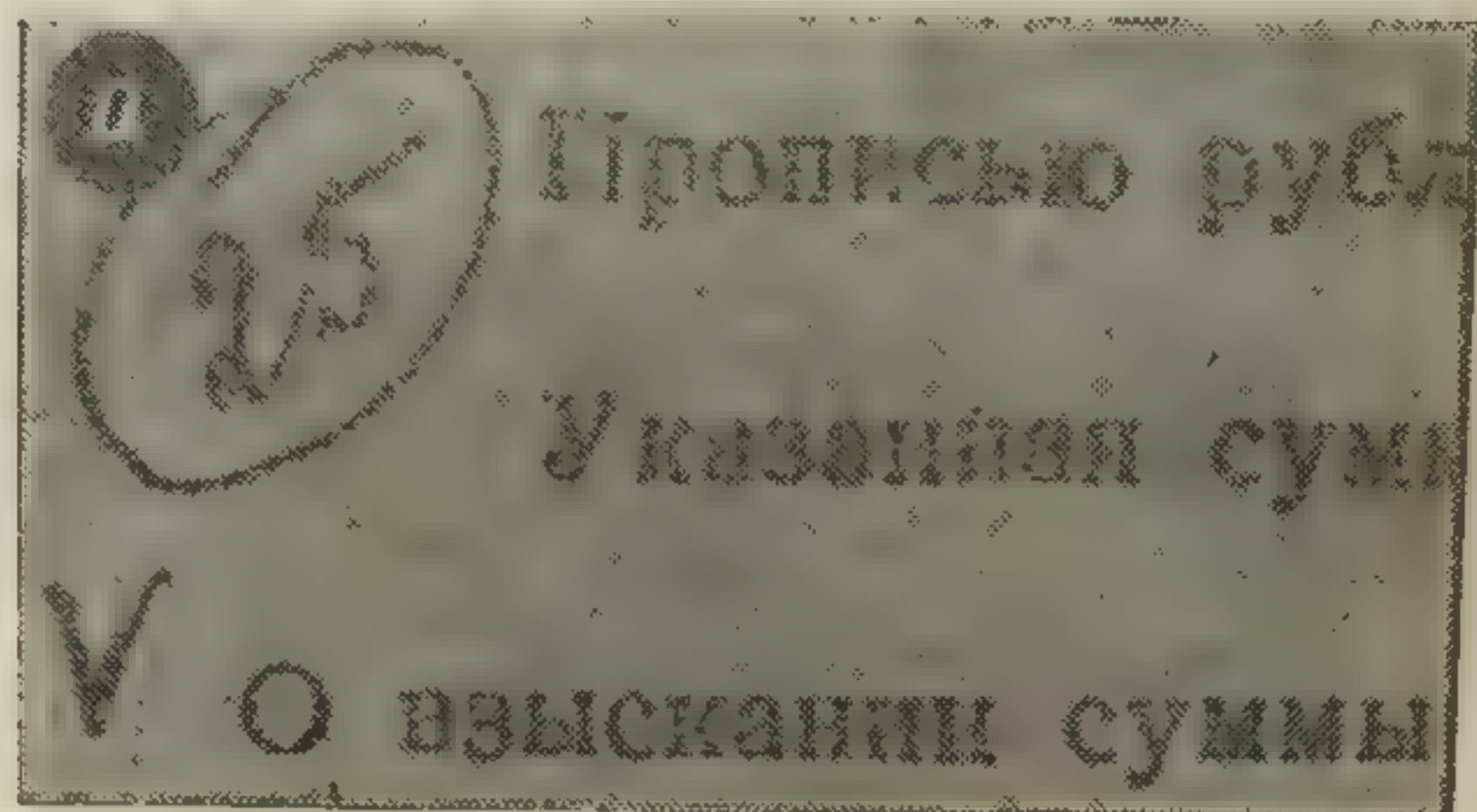


Рис. VIII—4. Фотоснимки штрихов фиолетовых чернил на бланке:
а — без фильтра, б — с красным светофильтром

рис. VIII—5 приведены кривые спектральных коэффициентов яркости синих и фиолетовых чернил, нанесенных на белую бумагу. При рассмотрении графика видно, что в красной области спектра, начиная с 660 мкм и дальше, кривая синих чернил (кривая 1) расположена значительно ниже, чем кривая фиолетовых чернил (кривая 2); именно эту область и следует использовать для решения данной задачи цветоделения. Для фотографирования можно применить красный светофильтр КС-17 или КС-18 и пластинку панхром. В более длинноволновой области спектра (т. е. с применением пластинок «инфрахром»

с максимумом чувствительности 740, 760 и т. д.) фотографирование производить не рационально, так как спектральная кривая отражения красок синего красителя метиленового голубого, входящего в состав синих чернил, имеет значительный подъем уже около 720—740 мкм; расстояние между спектральными кривыми отражения синих и фиолетовых чернил уменьшается и поэтому заметного различия в яркости синих штрихов и фиолетового пятна на снимке мы не получим.

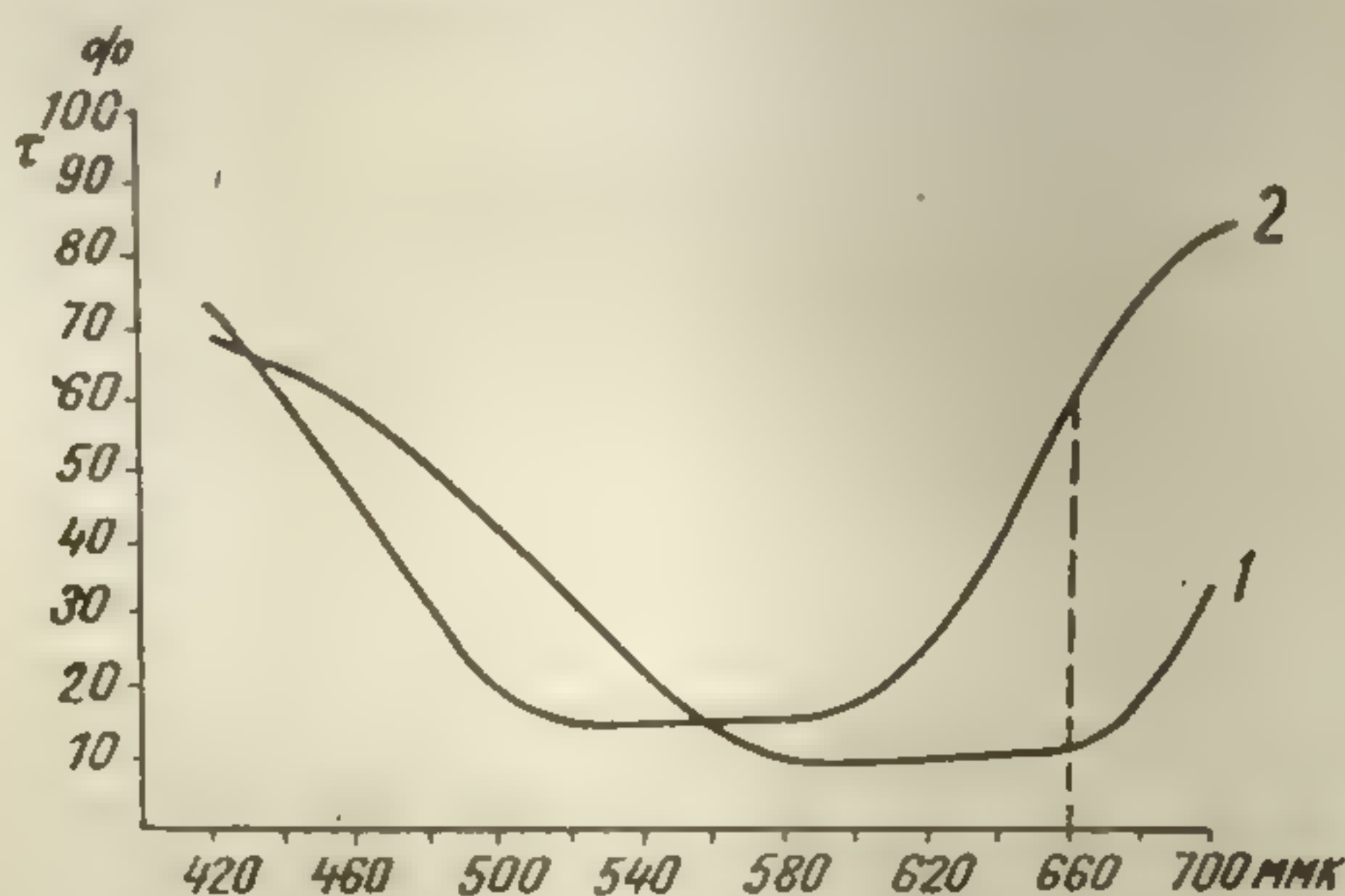


Рис. VIII—5. Спектральные кривые яркости штрихов синих и фиолетовых чернил

На рис. VIII—6 приведены фотоснимки текста, выполненного синими чернилами и залитого фиолетовыми; первый из них произведен без светофильтра на ортохроматической репродукционной пластинке, а второй со светофильтром КС-17 на панхроматической пластинке.

3. На графике рис. VIII—7 приведены кривые спектральных коэффициентов яркости штрихов двух зеленых карандашей; кривая 1 представляет штрихи основного текста, кривая 2 — штрихи дописанных цифр. Чтобы показать обнаруженное на фотоснимке различие в материале штрихов, документ нужно сфотографировать в той зоне спектра, где кривые расположены наиболее далеко друг от друга, т. е. где различие яркостей является максимальным. В рассматриваемом случае это области в пределах 480—500 мкм и 560—580 мкм. Для фотографирования в зоне 480—500 мкм следует применить светофильтр с максимумом пропускания в данной области, а именно, светофильтр СЗС-3 или СЗС-18 и изоортохрома-

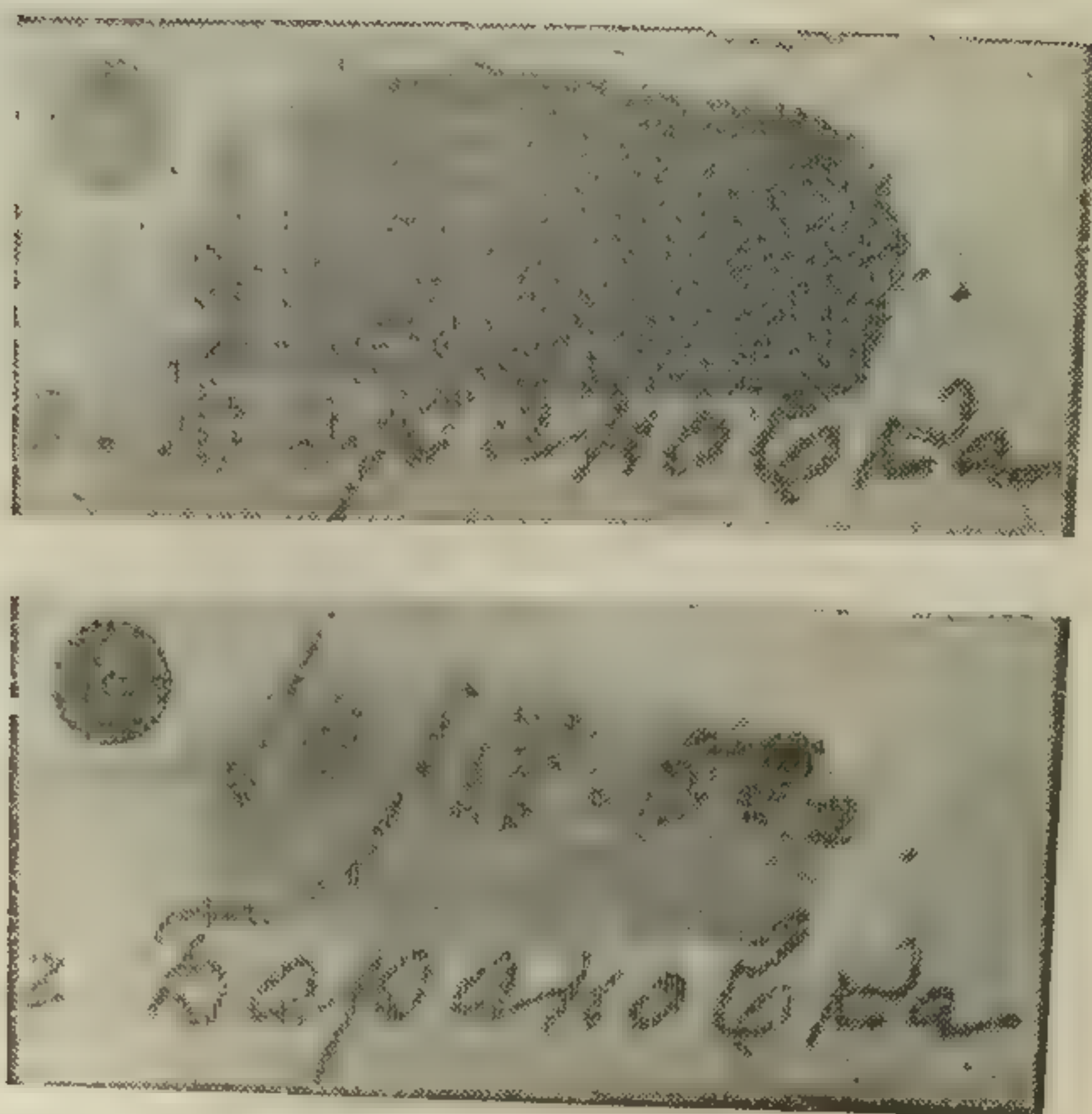


Рис. VIII—6. Фотоснимки штрихов
синих чернил, залитых фиолетовыми
чернилами:
а — без светофильтра
б — со светофильтром КС-17

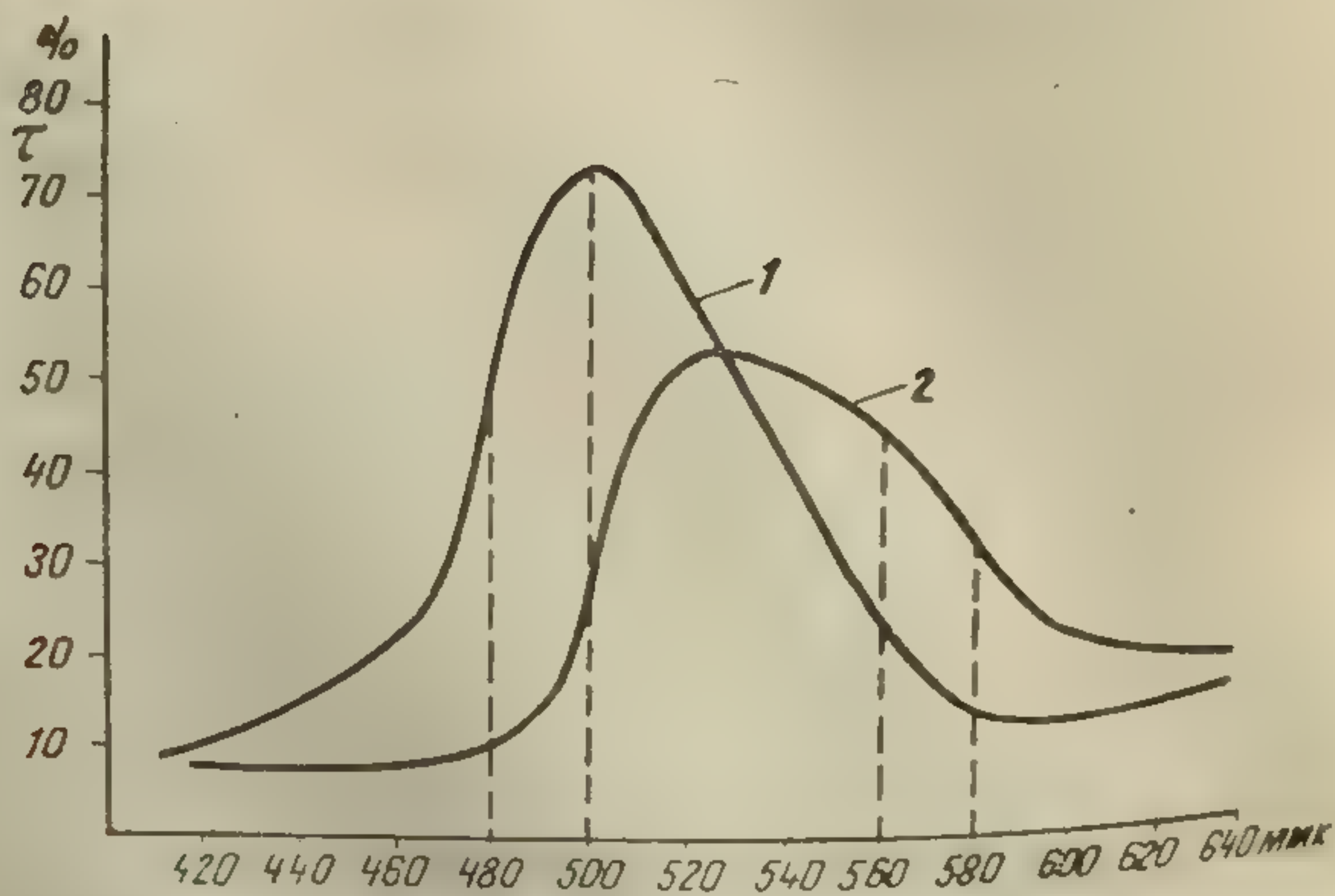


Рис. VIII—7. Спектральные кривые яркости штрихов
двух зеленых карандашей

тическую репродукционную пластинку. При этих условиях штрихи основной записи на фотоснимке будут более бледными, чем дописанные, поскольку спектральная кривая яркости первоначальных штрихов в данной области расположена выше, чем кривая дописки, и, следовательно, первоначальные штрихи отражают относительно больше лучей с длинами волн 480—500 мкм. На рис. VIII—8а приведен фотоснимок даты с дописанными

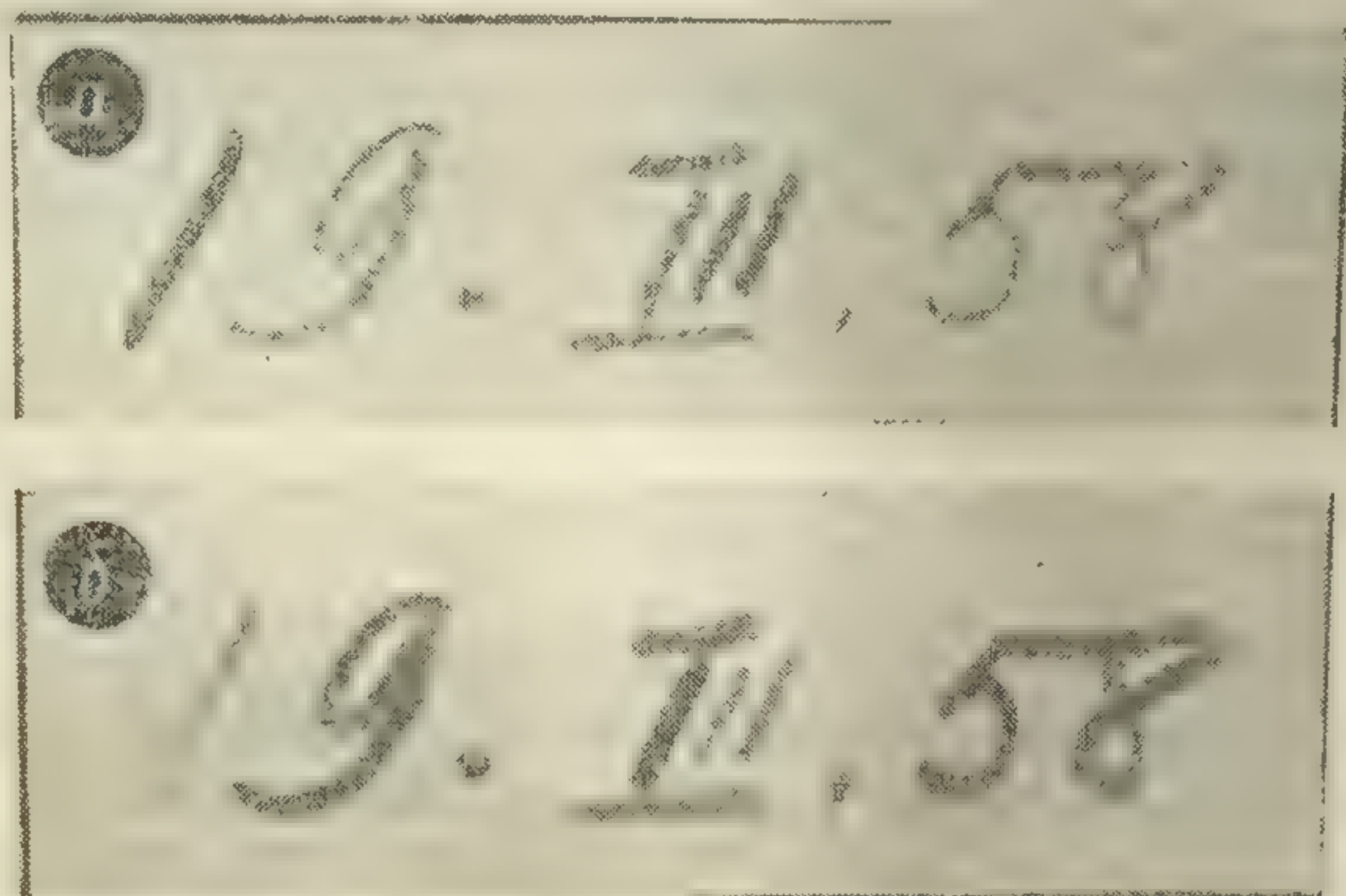


Рис. VIII—8. Фотоснимки даты с допиской:
а — со светофильтром СЗС-18, б — со свето-
фильтром ОС-12

цифрами, произведенный со светофильтром СЗС-18 на изоортохроматической репродукционной пластинке.

Для фотографирования в зоне 560—580 мкм можно использовать светофильтр ОС-12 и пластинку изоорто, нечувствительную к более длинноволновой части спектра. На рис. VIII—8б представлен фотоснимок, произведенный в этих условиях; в данном варианте первоначальные штрихи темнее, чем штрихи дописанных цифр, поскольку штрихи первоначальной записи отражают относительно меньше лучей с длинами волн 560—580 мкм и, соответственно, кривая 1 на графике рис. VIII—7 в этом участке расположена ниже, чем кривая 2.

Задача цветоделения разрешается тем успешнее, чем более узкой зоной пропускания в нужной нам области спектра обладает светофильтр и чем круче его кривая пропускания в области максимума; как было указано

выше, иногда для получения надлежащего эффекта, чтобы сузить эту зону, приходится применять комбинацию из двух или более светофильтров. Наиболее тонкое цветоделение в тех случаях, когда мы имеем дело с близкими по спектральной характеристике объектами, может быть осуществлено путем фотографирования в монохроматическом свете. Для этого удобнее всего пользоваться монохроматором, дающим возможность производить фотографирование в лучах любой длины волны. При отсутствии монохроматора в качестве источника света можно использовать ртутную лампу, дающую линейчатый спектр излучения; подбирая соответствующие светофильтры и фотоматериалы, возможно выделить любую из основных линий видимого участка ртутного спектра, как это показано в следующей таблице (толщина всех светофильтров 2 мм).

Линия ртутного спектра, мкм	Светофильтр	Пластины
404	БС-8 и ПС-9	Диапозитивные
436	ЖС-11 и ПС-9	Репродукционные
491	ЖС-16 и СЗС-18	«изоорто»
546	ОС-11 и ПС-7	Диапозитивные
578	ОС-14 или КС-1	Репродукционные
691	КС-17	«изоорто»
		Изохром
		Панхром

Для выделения узких участков спектра возможно также применять интерференционные светофильтры (см. главу VII).

Из изложенного видно, что, располагая спектральными характеристиками подлежащих фотографированию объектов, мы производим выбор светофильтров и фотоматериалов без особенных затруднений. Однако не всегда оборудование лабораторий позволяет произвести предварительно спектрофотометрическое исследование, особенно затруднительное для таких объектов, как тонкие штрихи текста на документе.

Для подобных объектов при отсутствии специального оборудования можно пользоваться следующим упрощен-

ным способом предварительного исследования: один из сравниваемых исследуемых объектов (штрих на документе) фотографируется с увеличением в 2—3 раза вместе с эталоном, представляющим собой плоское кольцо, окрашенное белой матовой краской или оклеенное меловой бумагой; исследуемый штрих размещается в вырезе кольца. Фотографирование производится 7—8 раз с различными светофильтрами или комбинациями светофильтров, выделяющими возможно более узкие участки спектра, на обычной перфорированной пленке изопан-хром; для фотографирования может быть использована любая малоформатная камера с удлинительной муфтой (например из следственного чемодана). В этих же условиях производится фотографирование второго объекта (штриха). Экспозиция устанавливается таким образом, чтобы плотность изображения эталона-кольца на всех снимках была примерно одинаковой. При изучении полученных фотоснимков (в проходящем свете на молочном или матовом стекле), на основании соотношений плотностей изображений объектов и эталона можно составить ориентировочное представление о цветовой характеристике каждого объекта; при этом, сравнивая серию снимков одного объекта с серией снимков другого, можно определить условия для успешного разрешения задачи цветоделения.

Наконец, в крайнем случае можно обойтись визуальным предварительным исследованием, рассматривая подлежащие фотографированию объекты через различные светофильтры при освещении тем источником света, который используется для фотографирования. При этом, конечно, необходимо учитывать спектральную чувствительность фотоматериалов. Так, штрихи восстанавливаемого текста, рассматриваемые через светофильтр, должны не только выглядеть достаточно контрастно на фоне бумаги, но и иметь неактиничную для данной эмульсии окраску; если же при данном светофильтре они будут иметь, например, синеватый оттенок, можно заранее сказать, что на фотоснимке изображение штрихов будет мало отличаться от фона и желаемый эффект не будет достигнут. Если один из сравниваемых штрихов при рассматривании через определенный светофильтр выглядит бледно-серым, а второй красноватым, то фотографирование с целью дифференциации штрихов не следует

производить на панхроматической пластинке, так как красноватая окраска на снимке может оказаться представленной такими же почернениями, как и бледно-серая; в этом случае для съемки нужно использовать пластинку, не очувствленную к красным лучам.

С целью контроля процесса цветоделительной фотографии рационально вместе с объектом фотографировать контрольную шкалу.

Для изготовления шкалы используются красители, наиболее часто применяемые в качестве материалов письма; основной фиолетовый, метиленовый синий, основной зеленый, фуксин, эозин. Для нейтрально-серых тонов шкалы берется черная тушь.

Растворы красителей различной концентрации, полученные последовательным разбавлением исходного раствора, наносят на бумагу стеклянным рейсфедером в виде ряда параллельных штрихов постепенно убывающей интенсивности окраски.

При установлении условий фотографирования исследуемые объекты (штрихи) сравниваются с штрихами шкалы и для каждого объекта определяется соответствующий ему номер цветового тона шкалы, который и служит ориентиром в дальнейшем процессе; по воспроизведению тонов шкалы в негативе и позитиве можно судить о правильности выбора светофильтра и фотоматериалов, экспозиции и проявления.

Как было указано, цветоделительная фотография является одним из методов обнаружения различий штрихов. В тех случаях, когда сравниваемые объекты по той или иной причине не могут быть исследованы спектрофотометрически, получение только одного фотоснимка, на котором эти объекты воспроизведены различными почернениями, не всегда может являться достаточным для вывода о различном происхождении чернил или карандашей, так как в большинстве случаев могут возникнуть сомнения в том, не является ли обнаруженное различие результатом случайных причин, например, различия степени нажима, различного количества чернил на перо при написании сравниваемых частей текста (особенно когда речь идет о дописке отдельного знака или о дорисовке штрихов в отдельном знаке).

Для устранения такого рода сомнений следует представлять два фотоснимка, произведенные в различных

участках спектра, на одном из которых изображение первого объекта было бы более темным, чем изображение второго, а на другом, наоборот, изображение второго объекта было бы более темным, чем изображение первого, как это было показано на рис. VIII—8.

Однако получение обоих вариантов цветоделенных снимков не всегда возможно, так как дифференцируемые объекты могут обладать смешанной окраской и очень близкими друг к другу спектральными коэффициентами яркости.

Не всегда спектральные свойства объектов позволяют успешно решить и иные задачи цветоделения, т. е. получить в каком-то участке спектра изображение, в котором яркости двух объектов (или объекта и фона) были бы одинаковыми, или изображение, в котором яркость одного определенного объекта была бы максимально меньше яркости второго.

§ 3. Метод маскирования

В тех случаях, когда задача цветоделения не может быть решена с помощью светофильтров, можно прибегнуть к методам маскирования или фотографического выключения.

Схема процесса маскирования представлена на рис. VIII—9; в объекте (1) находятся детали Т и Н; задача состоит в получении такого цветоделенного снимка, в котором находилось бы только изображение детали Н, а деталь Т, мешающая исследованию, отсутствовала; спектральные свойства объекта таковы, что путем цветоделения при помощи светофильтров оказывается возможным только удалить или в значительной степени ослабить деталь Н, а не деталь Т, которая при всех условиях остается в изображении. В таких случаях производят два фотоснимка в различных зонах спектра; на первом из цветоделенных негативов находятся изображения обеих

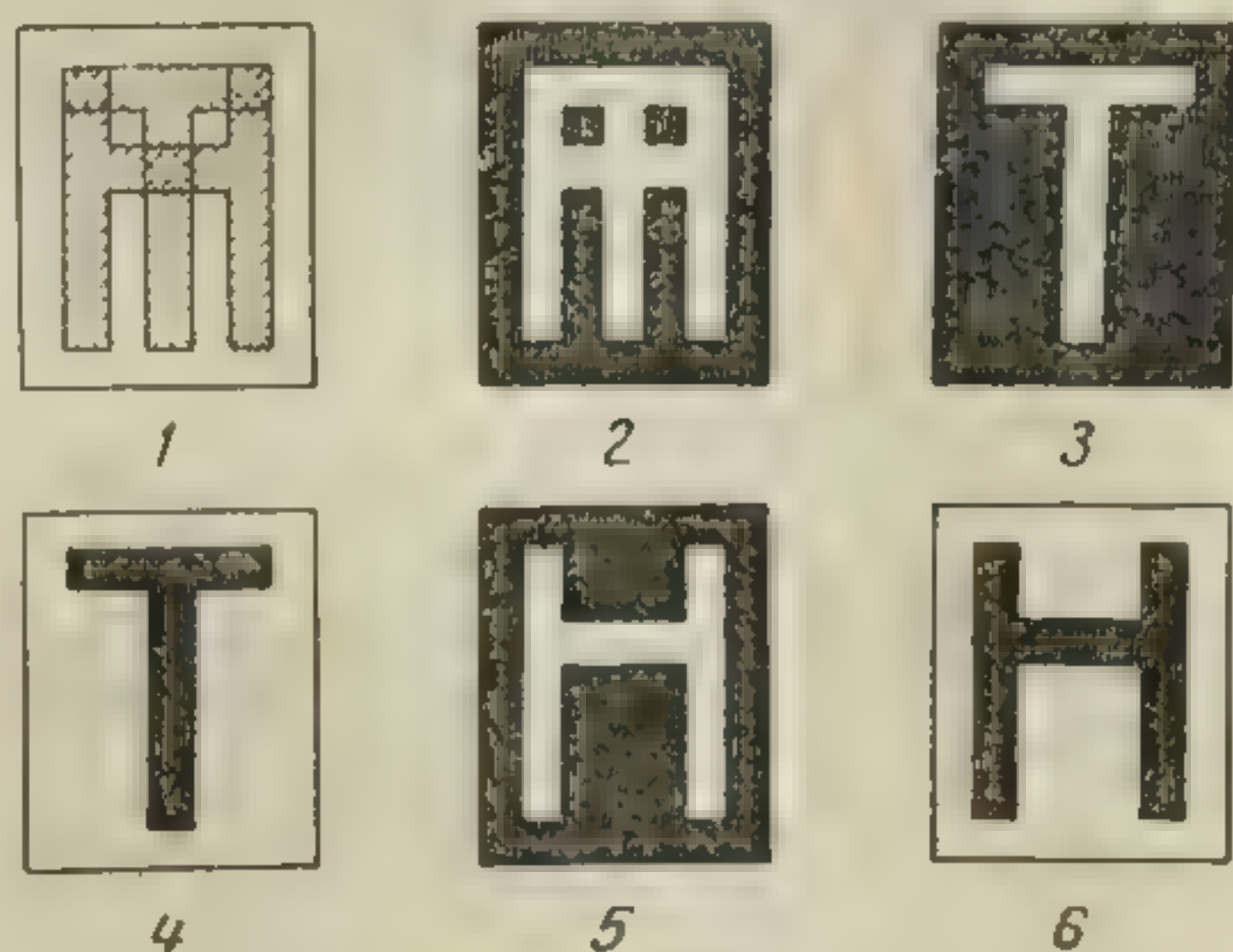


Рис. VIII—9. Схема процесса маскирования

деталей (2), на втором (3) — изображение детали Н отсутствует или воспроизведено менее контрастно, чем изображение детали Т. С этого второго негатива печатается диапозитив (4), который затем совмещается с первым негативом (2); таким образом, негативное изображение детали Т компенсируется плотностями изображения этой детали в диапозитиве, и при печати суммированного позитива (6) с совмещенного негатив-позитива (5) мы получаем только изображение детали Н при отсутствии мешающего изображения детали Т.

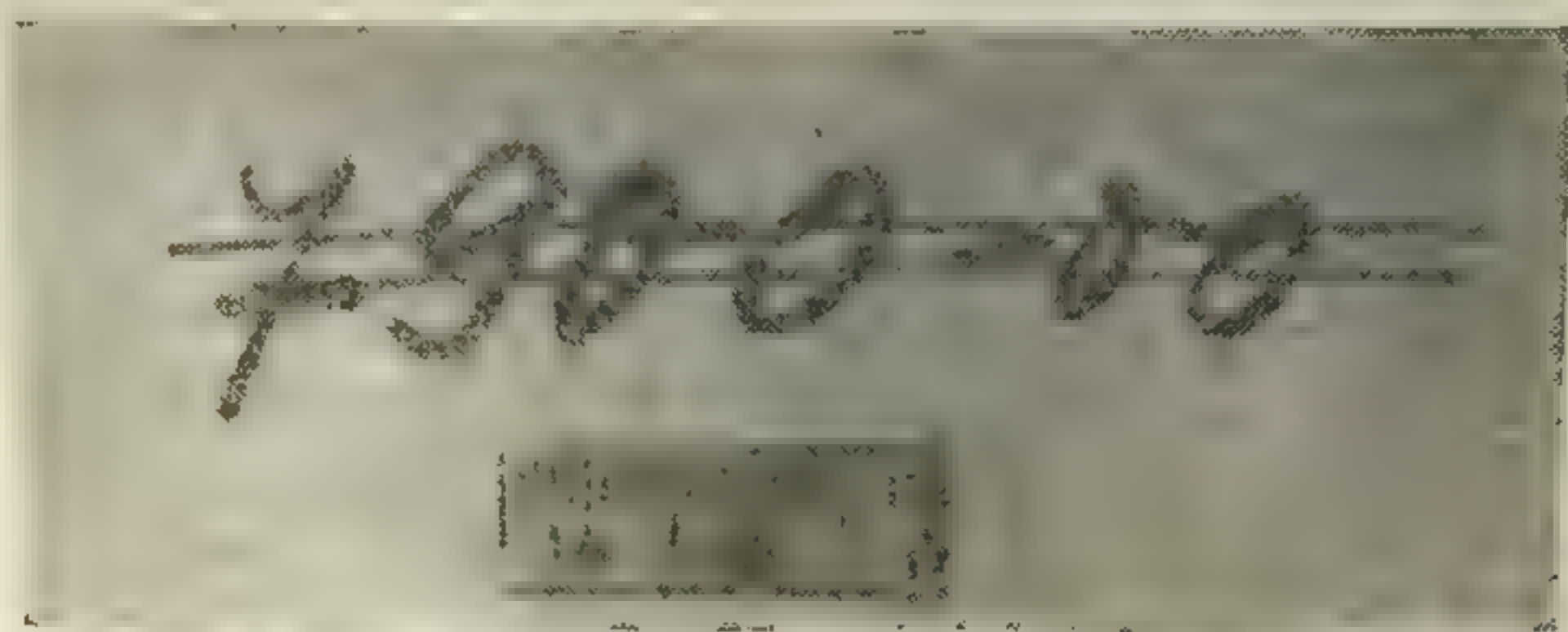
Успешное решение задачи методом маскирования или выключения достигается правильным подбором коэффициентов контрастности и плотностей негативного и позитивного изображений, что представляет иногда некоторую сложность, особенно в тех случаях, когда ни в одном из цветоделенных негативов не удастся удалить полностью изображение одной из деталей или хотя бы получить достаточный контраст в изображениях двух деталей.

Для успешного выключения детали необходимо, чтобы изображение данной детали в позитиве с одного из цветоделенных негативов обладало полной симметрией по отношению к ее изображению во втором негативе; это возможно при том условии, если фактор проявления позитива равен единице, а при получении позитивного изображения использована только прямолинейная часть характеристической кривой.

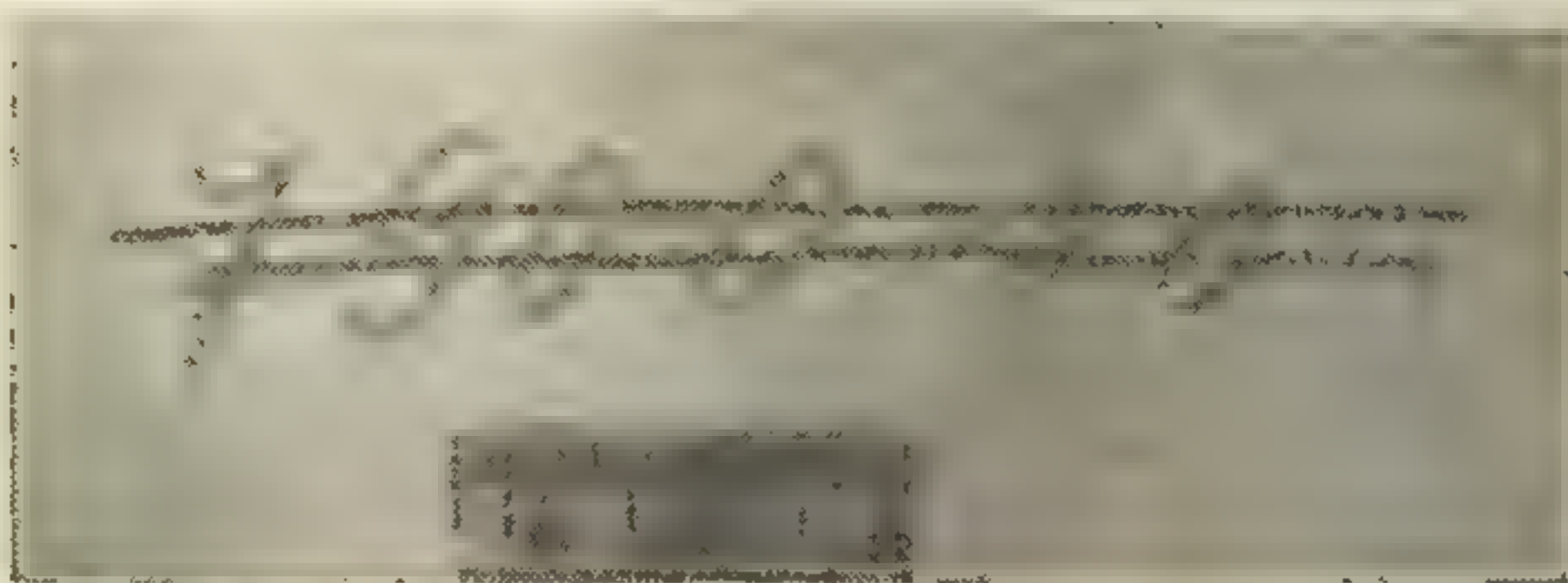
При этом нужно учитывать, что минимальная плотность диапозитива с одного из негативов должна быть равной или несколько превосходить минимальную плотность второго негатива, а интервал плотностей совмещенного негатив-позитива не должен быть больше, чем ширина позитивного материала используемого для печати конечного отпечатка. Негативное изображение может быть построено в любой части характеристической кривой и иметь любой градиент, однако интервал плотностей его не должен превосходить широту позитивного материала.

На рис. VIII—10 а, б, в приведен пример применения метода маскирования. Рис. VIII—10а и VIII—10б представляют отпечатки с двух цветоделенных негативов, а рис. VIII—10в отпечаток с суммированного негатива I — позитива II.

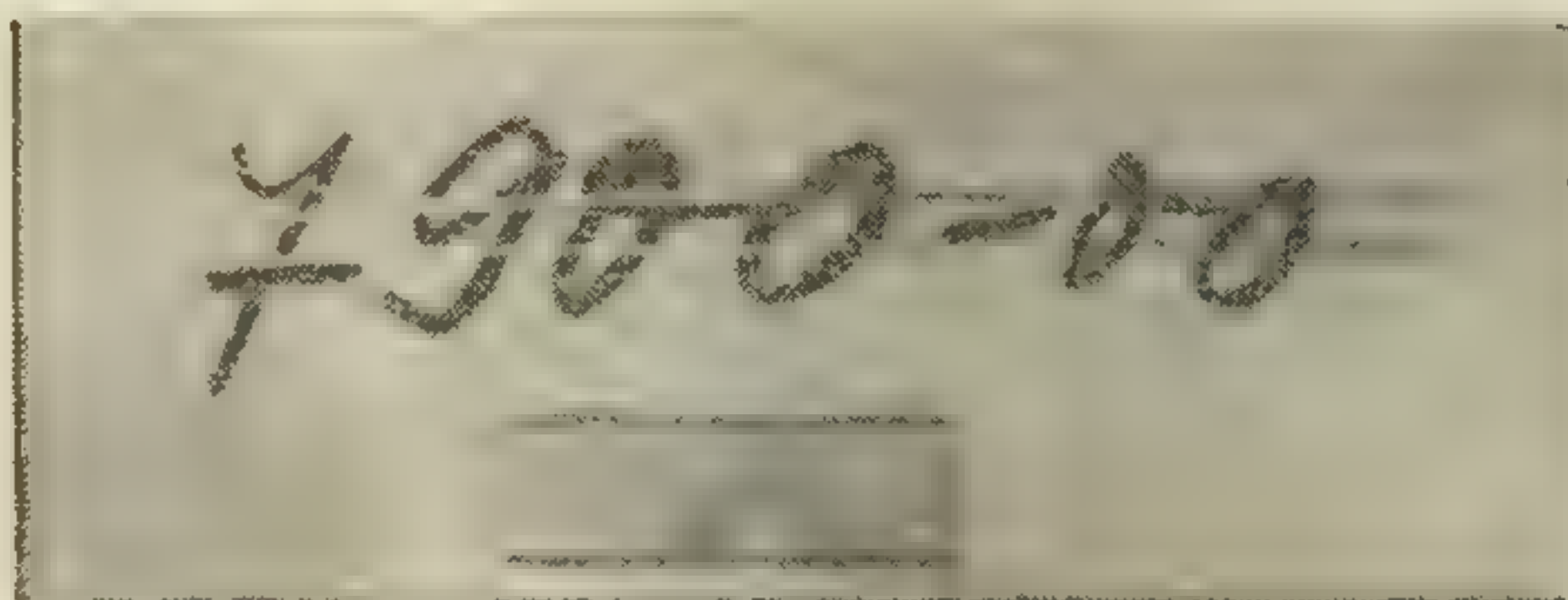
При помощи метода маскирования возможно произвести фотографическое выключение одного из объектов и в тех случаях, когда ни один из двух объектов на двух цветоделенных снимках полностью не удаляется, но на обоих снимках оптические плотности объектов оказы-



a



б



в

Рис. VIII—10. Фотоснимок, произведенный по методу маскирования

ваются различными. Условия для фотографического выключения в этом случае оказываются более сложными; свойства позитивов могут быть рассчитаны на основании промеров оптических плотностей негативов; однако в большинстве случаев необходим подбор условий изготовления позитива путем производства серии опытов; при изменении соотношения фактора проявления и негатива, и позитива возможно выключение одного или другого объекта. Метод этот весьма трудоемкий и может применяться только в исключительных случаях.

ЛИТЕРАТУРА

Е. Ф. Буринский, Судебная экспертиза документов, СПб, 1903.

В. В. Дмоховский, Применение светофильтров в натурной съемке, М., 1953.

В. А. Фаас, Светофильтры, Киноиздат, 1936.

Н. М. Зюскин, Е. Ю. Брайчевская, «Кинофотохимпромышленность», № 6, 1940, стр. 36.

А. И. Дидебулидзе, Н. А. Дидебулидзе, Фоторепродукция невидимого, Тбилиси, 1946.

Е. Ю. Брайчевская, «Криминалистика и научно-судебная экспертиза», Сб. 4, М., 1950, стр. 24.

ПРИМ.

Цвет, явл.
мета, имеет
вещественны
фия находит
ции и докум
снимке цвета
вляются набл

Цветофото
гут быть испо
ственных док
тов, плохо ра

а) Цвет
регистр
белыми цветн

объективно за
следовании те
ценным иллю

при исследова
которых вызыв
чага, обон, а т

ише окрашенн
многокрасочн
Цветная
фиксация
исследования
ча, и в след
же для зап

Глава IX

ПРИМЕНЕНИЕ ЦВЕТНОЙ ФОТОГРАФИИ В ЭКСПЕРТНОЙ ПРАКТИКЕ

Цвет, являясь одним из важнейших признаков предмета, имеет существенное значение при исследовании вещественных доказательств. Поэтому цветная фотография находит широкое применение как средство регистрации и документации, давая возможность запечатлеть на снимке цвета объектов в том виде, в каком они представляются наблюдателю.

Цветофотографические процессы наряду с этим могут быть использованы и как метод исследования вещественных доказательств для выделения деталей и цветов, плохо различаемых глазом.

а) Цветная фотография как средство регистрации видимого. По сравнению с черно-белыми цветные фотоснимки позволяют более наглядно и объективно запечатлеть картину, наблюдаемую при исследовании тех или иных вещественных доказательств. Ценным иллюстрационным материалом они являются при исследовании многокрасочных объектов, описание которых вызывает затруднения, например, ткани, бумага, обои, а также всевозможные предметы, содержащие окрашенные включения или имеющие сложную многокрасочную структуру.

Цветная съемка может быть применена для целей фиксации частиц различных окрашенных веществ при исследовании предметов, служивших орудиями взлома, и в следах, оставленных этими предметами, а также для запечатления пятен красителей, крови и иных

окрашенных следов, находящихся на вещественных доказательствах.

Цветные фотоснимки позволяют наглядно представить изменения защитной сетки, штрихов текста и бумаги в документах, подвергавшихся травлению, а также зафиксировать наличие на них пятен, оставленных реактивами.

Широкие возможности применения цветной фотографии открываются при микроскопических исследованиях разнообразных объектов, в особенности, при исследовании документов.

К цветным снимкам, приобщаемым к заключению эксперта, предъявляются повышенные требования в отношении правильности цветопередачи. Точностью цветовоспроизведения в основном и определяется доказательственное значение цветного снимка. Оценку качества цветовоспроизведения производят по нейтрально-серой контрольной шкале, изображение которой на снимке должно быть также нейтрально-серым. Получение же цветных микрофотографий и цветных снимков при люминесцентном анализе сопряжено с выполнением дополнительных условий, изложенных далее.

б) Цветная фотография при люминесцентном анализе. Цветная съемка видимой люминесценции, возбуждаемой ультрафиолетовыми лучами, ничем не отличается от обычной черно-белой.

Так же, как и при черно-белом фотографировании, перед объективом камеры помещаются светофильтры, отсекающие ультрафиолетовые лучи.

Оптимальные результаты дает применение бесцветных светофильтров типа «БС-8» или «БС-10» в комбинации с желтыми фильтрами «ЖС-3». Возможно также применение одного фильтра «ЖС-3» в случае съемки через стеклянную оптику или обычного желтого коррекционного светофильтра с копировальной плотностью 20—30%. Применение более плотных желтых и иных фильтров, а также съемка без светофильтров вообще — приводит к значительным искажениям в цветопередаче, не устранимым в процессе печати.

При фотографировании люминесценции отпадает возможность установки света при печати по контрольной шкале (так как она сама будет искажена в ультрафиолетовых лучах); поэтому для обеспечения правильной

цветопередачи следует до или после съемки люминесценции отдельно сфотографировать шкалу при нормальном освещении для выбранного типа негативной цветной пленки. Получив в позитиве изображение контрольной шкалы серого цвета, негативы картины люминесценции, нужно печатать с найденной комбинацией копировальных фильтров, обеспечивая правильные экспозиции.

Например, при установлении факта подделки номера серии облигации требовалось показать, что с целью маскировки подделки цифры номера были наведены одним из трех красных карандашей, штрихи которого в результате увлажнения дали расплывы красителя, обнаруживающего яркую люминесценцию желтого цвета.

Картина люминесценции красителя сравниваемых штрихов была запечатлена на цветном снимке (рис. IX—1, IX—2).

в) Цветная микрофотография. Ценность цветной микросъемки заключается в возможности показа различий в окраске деталей объекта, которые на обычном снимке неразличимы.

Цветные микроснимки могут производиться на цветной обратной пленке и на негативной пленке с печатью позитивного изображения на бумаге. Для съемки удобнее всего использовать малоформатные зеркальные камеры типа «Зенит», «Экзакта», «Практифлекс», а также специальные камеры. Для микросъемки возможно применять и камеры типа «ФЭД» и «Зоркий», снабдив их простейшими приспособлениями для наводки по матовому стеклу. Микрофотонасадки используются при съемке на форматной пленке.

Съемка производится на пленках типа «ДС» при искусственном освещении с осветителями типа «ОИ-7» или «ОИ-9», с голубыми компенсационными светофильтрами (СС-1, СС-9 или коррекционными светофильтрами с плотностями 20—40%). Постоянство спектрального состава съемочного освещения осуществляется при помощи стабилизатора напряжения. Плотности компенсационных светофильтров подбираются в зависимости от баланса светочувствительных слоев пленки. Рекомендуется поэтому предварительно производить регулировку режима освещения по серой шкале. Шкала готовится следующим образом: ступенчатый серый круг фотографируется с уменьшением на позитивную черно-белую пленку, чтобы

диаметр его равнялся 6—8 мм. Прозрачная шкала фотографируется на цветную пленку с небольшим увеличением в проходящем свете, спектральный состав которого варьируется введением компенсационных светофильтров:

1. 10%, 20%, 30% и 40% голубых коррекционных;
2. 40% голубого и 10%, 20% пурпурных.

Один снимок производится без фильтров.

При съемке в отраженном свете режим устанавливается путем фотографирования полей серой шкалы или серых линий, проведенных на бумаге черной тушью, разбавленной в различной степени. Наилучший вариант освещения выбирается путем пробной печати. Настройка света производится только один раз при условии работы на одном сорте пленки и фотобумаги. Если же предварительная настройка света не производится, то перед съемкой объекта отдельно фотографируется соответствующая шкала, по которой путем проб устанавливается комбинация коррекционных светофильтров для печати изображения объекта. Определение правильной экспозиции целесообразно производить по пробным снимкам на цветной пленке, обработанной в черно-белом проявителе.

С целью получения максимальной насыщенности цвета негатив проявляется несколько дольше, чем обычно, а именно, 7—8 мин. при температуре 18—19°.

Для фиксации многокрасочной картины объектов исследования в поляризованном свете также может быть применена цветная микросъемка.

Методика изготовления цветных микроснимков ничем не отличается от описанной выше за исключением лишь того, что съемка объекта производится при помощи поляризационного микроскопа, а контрольная шкала фотографируется в проходящем свете без анализатора и компенсатора.

При исследовании некоторых биологических препаратов иногда применяется люминесцентная микроскопия в сине-фиолетовых и ультрафиолетовых лучах. При такой съемке на окуляры микроскопов помещаются желтые светофильтры, отсекающие сине-фиолетовые и ультрафиолетовые лучи и применяемые для визуального наблюдения, а коррекция изображения ведется по снимку контрольной шкалы, произведенном при обычном освещении.

Тетерев в ред 5х1.4
 средн. обд. 11.4
 дощитки сдв. 11.4
 средн. 11.4

Рис. IX—3

6	456	33
---	-----	----

6	456	33
---	-----	----

6	456	33
---	-----	----

Рис. IX—9

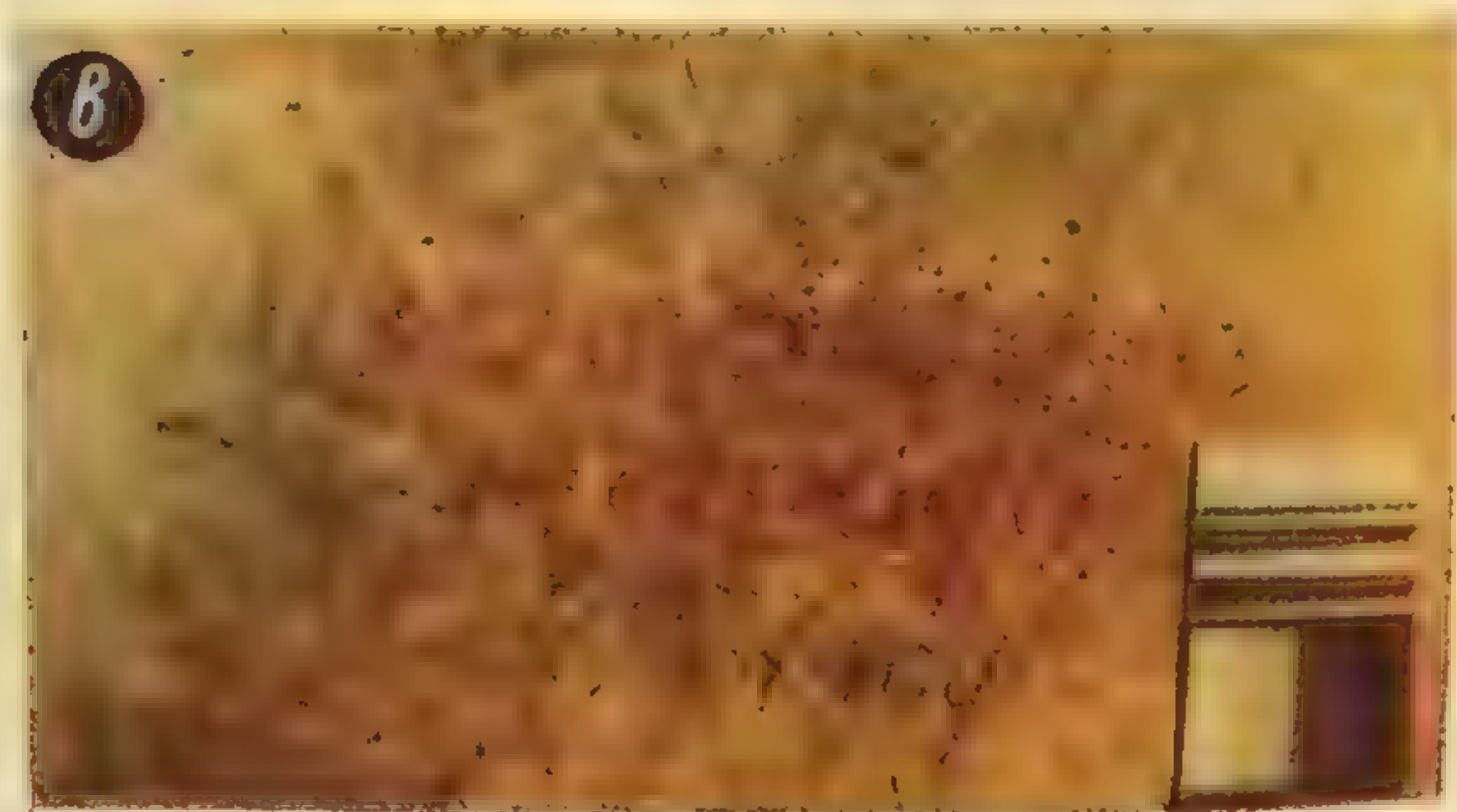
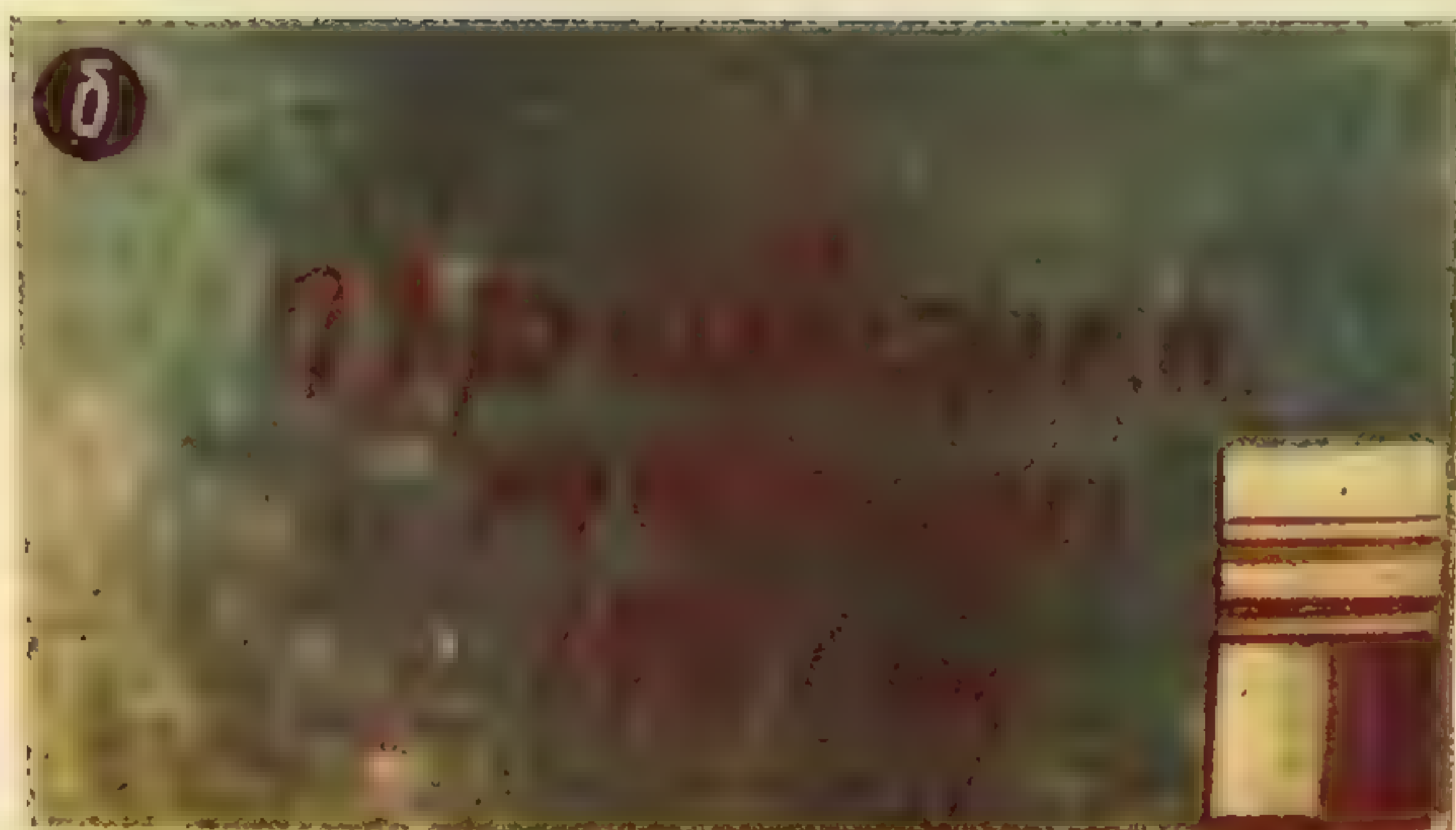


Рис. IX—10 а, б, в

Цветные микроснимки производятся:

при исследованиях материалов письма в тех случаях, когда в сравниваемых штрихах имеются включения или примеси, резко отличающиеся по цвету от основного цвета красителя;

при выявлении незначительных остатков вытертых и иным способом удаленных текстов, когда эти остатки отличаются по цвету от штрихов вновь написанного текста;

при выявлении различий в цвете основного текста документов и дорисовок и исправлений;

в некоторых случаях исследования пересекающихся штрихов, когда хорошо заметно отложение частиц красящего вещества поверх штриха или когда в местах пересечения имеются характерные расплывы красителя;

при обнаружении всевозможных микроскопически малых цветных частиц.

г) Цветофотографические процессы как метод исследования:

1. Совмещение изображений нескольких объектов

Многослойные цветные фотоматериалы дают возможность наложения двух окрашенных в различные цвета изображений сравниваемых объектов в одном снимке. Такого рода совмещения цветных изображений удобно производить при сравнительном исследовании оттисков печатей.

Совмещенные цветные изображения могут служить для иллюстрации изменений или исправлений в оригинале и копии документа, исполненной через копировальную бумагу, а также для демонстрации неодновременности их написания (см. рис. IX—3).

Техника изготовления таких иллюстраций заключается в следующем: с обоих сравниваемых объектов получают в одинаковом масштабе черно-белые негативы с повышенным контрастом, а затем эти негативы, применяя светофильтры основных или дополнительных цветов, последовательно экспонируют на цветную фотобумагу, обеспечивая совмещение изображений в процессе печати. Цветная бумага после этого подвергается цветному проявлению, в результате которого получают совмещенные на одном снимке изображения двух

сравниваемых объектов, окрашенные в любые цвета в зависимости от выбранных светофильтров.

Для обеспечения точного совмещения изображений нужно взять лист черной бумаги размером 20×30 см, перегнуть его пополам, на внешнюю сторону этого листа наклеить черно-белый отпечаток одного из объектов, изготовленный в нужном масштабе (см. рис. IX—4а). На

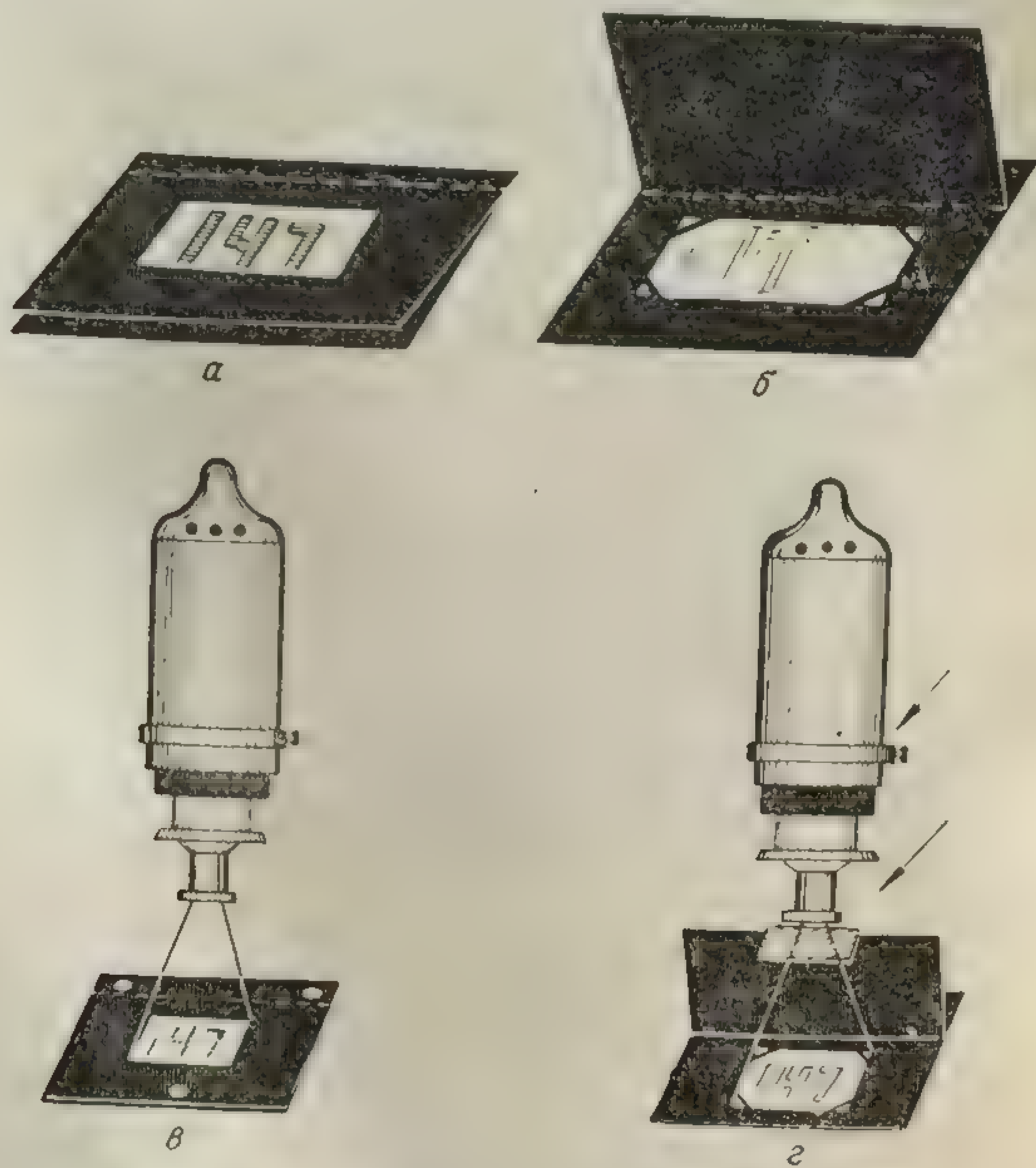


Рис. IX—4. Приемы для совмещения изображений

вторую (внутреннюю) половину листа черной бумаги помещают лист бумаги «фотоцвет» эмульсией вверх. Цветная бумага располагается под черно-белым отпечатком, а для того, чтобы она не смещалась — на внутренней части листа черной бумаги делаются ограничивающие вырезы, фиксирующие лист цветной бумаги (см. рис. IX—4б).

Проектируя негатив первого объекта на черно-белый отпечаток, добиваются точного совмещения контуров

изображений, после чего края черной бумаги крепятся кнопками к доске увеличителя (как это показано на рис. IX—4в). Затем увеличитель выключается, помещается выбранный светофильтр, верхняя половина листа черной бумаги отворачивается (как это показано на рис. IX—4г) и производится экспонирование негатива первого объекта. Аналогичным путем по черно-белому отпечатку совмещают и второй негатив, который экспонируется на тот же лист цветной бумаги, но с введением иного фильтра.

Вместо двойного листа черной бумаги удобнее использовать кадрирующие рамки размером 13×18 см, на подвижные линейки которых крепится лист черной бумаги с черно-белым отпечатком.

Для получения дополнительных цветов могут применяться фильтры: СЗС-7, КС-16, ОС-12, СЗС-10, ПС-11 и др.; для получения основных цветов используются коррекционные фильтры с копировальными плотностями 80—100%.

Чтобы установить правильную экспозицию для печати с тем или иным фильтром, с каждого негатива полезно сначала произвести пробные отпечатки.

2. Повышение цветовых контрастов путем увеличения насыщенности цветов

Цветофотографические процессы могут быть использованы для увеличения насыщенности цветов и повышения цветовых контрастов, а также для фиксации различий в цвете в том случае, когда цветоделительная съемка не дает достаточно показательных результатов.

В том случае, если цветоделение производится путем изготовления цветоделенных черно-белых негативов и черно-белых цветоделенных позитивных изображений, необходимо выбрать также условия съемки (светофильтры и фотоматериалы), которые создавали бы максимальную разницу между данной деталью и иными деталями или фоном. Это оказывается возможным, если известна спектральная характеристика яркости объекта.

В некоторых случаях, например, при экспертизе документов, исследование спектральных коэффициентов яркости представляет трудности вследствие микроскопического размера участков или сложной структуры

объекта. По этой же причине полученные цветоделенные снимки не всегда являются достаточно наглядными.

Объекты исследования в криминалистической экспертизе обычно характеризуются широкими полосами спектрального отражения или пропускания. При этом условия разницы в цвете может быть изображена на трехцветном снимке, полученном с трех цветоделенных черно-белых негативов, изготовленных с увеличением контрастов, в результате чего цветовые контрасты значительно усиливаются: для такого процесса необязательно знание спектральной характеристики отражения объекта. Суть метода и техника получения цветных снимков с целью цветоразличения и повышения цветовых контрастов заключается в следующем.

Объект последовательно фотографируют с тремя светофильтрами на черно-белые фотоматериалы, обладающие различными спектральными зонами цветочувствительности, например, на диапозитивную пластинку с синим фильтром, на изоортохроматическую — с зеленым и на панхроматическую — с красным. Для получения цветоделенных негативов применяют фотоматериалы с максимальным значением контрастности, а процесс проявления ведется до максимального значения фактора проявления.

Таким образом, получают три исходных частичных цветоделенных негатива, контраст которых затем значительно увеличивается путем контратипирования, сопровождаемого в необходимых случаях усилением промежуточных цветоделенных позитивов.

Частичные черно-белые негативные изображения путем последовательного трехкратного экспонирования на цветную фотобумагу или позитивную пленку соединяются в одно многокрасочное, воспроизводящее объект. Совмещение цветоделенных изображений обеспечивается в процессе проекционной печати при помощи описанных приемов.

Экспонирование негативов при печати производится с фильтрами, обеспечивающими получение каждого частичного цветного изображения только в одном слое цветофотоматериала. Указанным требованиям отвечают светофильтры: СС-8 (синий), ОС-5 и СЗС-7 (зеленый), КС-14 (красный). Эти же светофильтры используются и в качестве съемочных с тем, чтобы при цветовом син-

тезе могла быть обеспечена относительно правильная цветопередача.

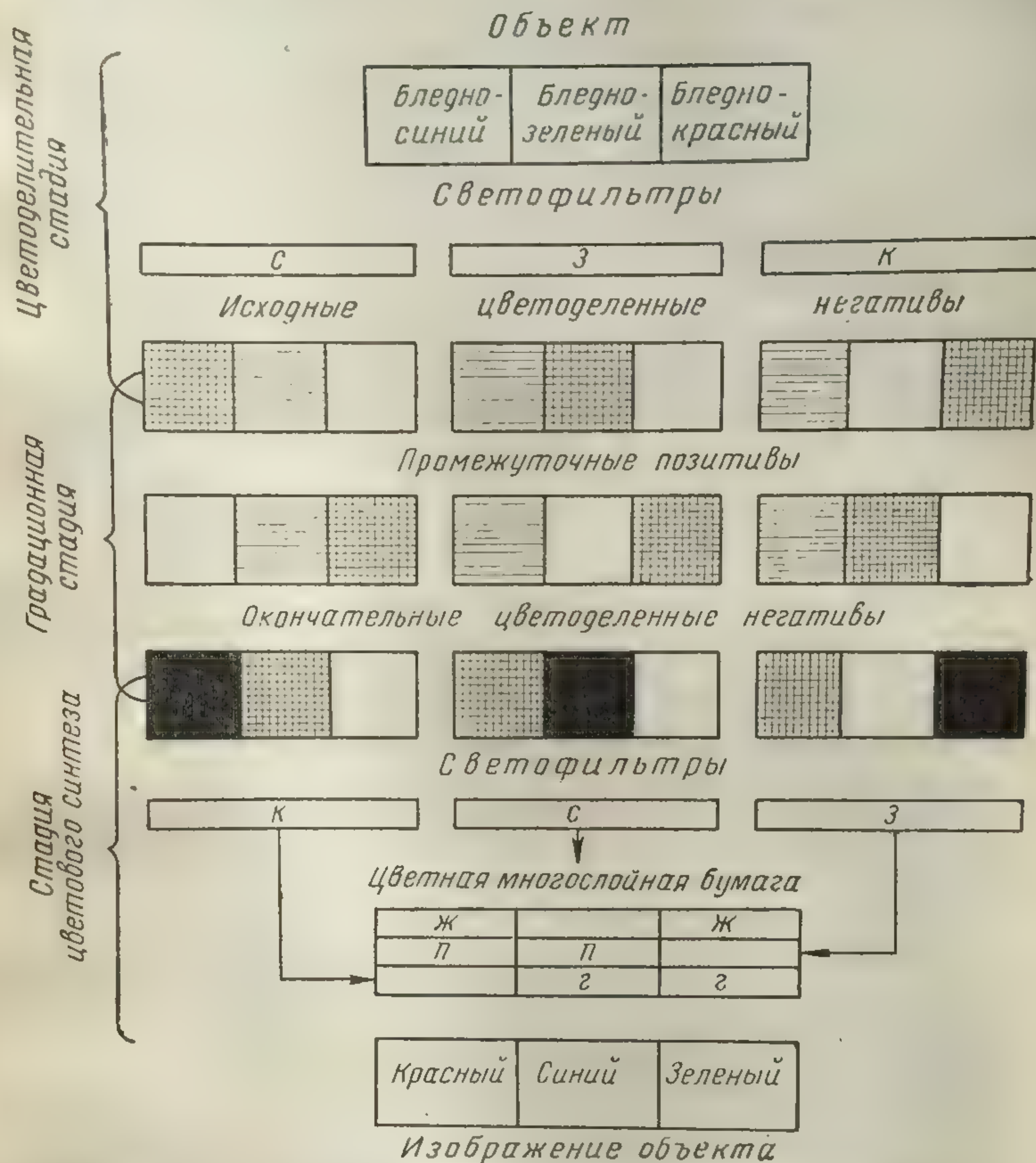


Рис. IX—5. Схема процесса усиления цветовых контрастов и трансформации цвета объектов

После цветного проявления на отпечатке получается изображение объекта в относительно более насыщенных цветах.

Для получения изображения объекта с относительно правильной цветопередачей, но усиленными цветовыми контрастами — негатив, полученный при съемке с синим

светофильтром, экспонируют с этим же светофильтром. Соответственно экспонируются и остальные цветоделенные негативы.

Правильность цветопередачи устанавливается по нейтрально-серой контрольной шкале, которая фотографируется одновременно с объектом. Если контрольная шкала на снимке имеет какой-либо цветовой оттенок, то при печати необходимо изменить выдержку под тем или иным копировальным фильтром, в зависимости от цвета контрольной шкалы.

Процесс получения цветного изображения зависит от трех основных стадий (рис. IX—5):

1) *Цветоделительной* — в процессе которой многоцветный оригинал при фотографировании разделяется на три черно-белых изображения, распределение плотностей этих изображений зависит от того, лучи какой из трех зон спектра отражали те или иные участки оригинала.

2) *Градационной* — в которой для достижения правильной цветопередачи получают цветоделенные негативы с оптическими плотностями, пропорциональными количеству отражаемых объектом лучей определенной цветности.

3) *Стадии цветового синтеза* — заключающейся в совмещении трех одноцветных изображений в одно многоцветное, воспроизводящее оригинал.

Вмешательство в градационную стадию процесса путем усиления контраста цветоделенных негативов влечет за собой возрастание незначительных различий в оптических плотностях на негативах, а это, в свою очередь, приводит к тому, что при цветовом синтезе соответственно увеличиваются различия в цветах.

3. Повышение цветовых различий путем трансформации

Нередки случаи, когда цветовые различия, обнаруженные в объекте криминалистической экспертизы, например, в материалах письма документа, с помощью спектрофотометрического исследования или же при визуальном исследовании со светофильтрами либо сами по себе малы, либо оказываются недостаточно выраженными на фотоснимке.

В том случае, если при съемке объекта изготовлены два цветоделенных негатива в различных спектральных зонах и необходимо показать разницу в цвете деталей и их относительное месторасположение, наиболее наглядные результаты могут быть получены путем изготовления двухцветного позитива в условных, произвольно выбранных цветах. Повышение цветового контраста может быть достигнуто двумя способами: повышением насыщенности натуральных цветов, как было указано, или же изменением цветов объекта; например, близкие по цветовому тону синие и фиолетовые штрихи могут быть представлены в позитивном снимке в виде красных и голубых, в результате чего увеличивается цветовой контраст.

Принцип трансформации цвета впервые был применен Тиховым в 1911 году.

Метод фотографического исследования документов путем трансформации цвета объекта был предложен Фаворским. С объекта, в котором находятся мало различающиеся по цвету детали, изготавливали три цветоделенных негатива с красным, зеленым и синим светофильтром; эти негативы подвергались усилению, после чего с них изготавливали суммированный трехцветный отпечаток; для цветового синтеза подбирали краски с таким расчетом, чтобы комбинация их обеспечивала максимальные цветовые различия деталей исследуемого объекта. Как было указано, этот метод можно применять и тогда, когда характеристика спектрального отражения объекта неизвестна.

При исследовании документов трехцветная фотография, как правило, не является необходимой, можно ограничиться изготовлением двухцветного снимка, но подбор светофильтров при этом должен быть произведен в соответствии с цветовой характеристикой объекта, чтобы обеспечить максимальные различия исследуемых цветовых деталей в изображении.

Схема процесса такова:

С исследуемого объекта, в котором находятся мало различающиеся по цвету объекты А и Б, производятся два снимка в различных зонах спектра с таким расчетом, чтобы в первом из снимков яркость объекта А была максимально больше, чем яркость Б, а во втором, наоборот, яркость Б максимально больше яркости А, как

показано на рис. IX—6. В тех случаях, когда спектральные свойства объектов не позволяют получить оба варианта, можно ограничиться получением только одного



Рис. IX—6. Соотношение яркостей в цветоделенных снимках — I вариант

негатива, в котором было бы выявлено различие спектральных яркостей объектов с тем, чтобы во втором негативе оба объекта представлялись одинаковыми по яркости (см. рис. IX—7). В этом случае для достижения большего цветового контраста изображения можно применить метод маскирования, изложенный в главе XI, т. е. с первого негатива напечатать диапозитив и совместить его со вторым негативом; тогда необходимая для двухцветной печати пара цветоделенных негативов будет выглядеть так, как показано на рис. IX—8, где второй негатив представляет собой комбинацию негатива с диапозитивом, в которой исключено изображение Б.



Рис. IX—8. Соотношение яркостей в результате исключения

Располагая двумя цветоделенными негативами, с помощью того или иного способа цветной печати получают двухцветный позитив. Может быть применен любой из цветных позитивных процессов, если он не слишком громоздок. Из существовавших ранее методов цветной печати в судебной фотографии в основном использовали пинатию и процесс «ви-роцвет» (бумага со съемным слоем).

При отсутствии бумаги со съемным слоем второй позитив может быть отпечатан зеркально на позитивной фотопленке и затем, после вирирования, совмещен с первым вирированным позитивом, напечатанным на обыч-

негатива, в котором было бы выявлено различие спектральных яркостей объектов с тем, чтобы во втором негативе оба объекта представлялись одинаковыми по яркости (см. рис. IX—7). В этом случае для достижения большего цветового контраста



Рис. IX—7. Соотношение яркостей в цветоделенных снимках — II вариант

цветных позитивных процессов, если он не слишком громоздок. Из существовавших ранее методов цветной печати в судебной фотографии в основном использовали пинатию и процесс «ви-роцвет» (бумага со съемным слоем).

ной фотобумаге; перед совмещением поверхности обоих позитивов смачиваются 0,5% раствором желатина; после прикатывания их слоями друг к другу, совмещенные позитивы просушиваются под легким грузом и оказываются прочно склеенными; в результате получается двухцветный отпечаток, который рассматривается через слой целлулоида.

Для получения цветных отпечатков наиболее рационально применять протравное вирирование, описанное в главе V. Бумага — «фотоцвет» — может также быть использована для получения двухцветного изображения путем печати с двух черно-белых цветоделенных негативов; печать производится последовательно с обоих негативов на один и тот же участок бумаги, как это описано выше.

Метод трансформации цвета может быть использован при фотографическом исследовании документов не только в видимом свете, но и в невидимых лучах.

Двухцветное изображение в ультрафиолетовых лучах получают по такому же принципу, как и описанный выше способ искаженной передачи цвета при фотографировании в видимом свете, а именно: с объекта производят два снимка, один в ультрафиолетовых лучах какой-либо определенной длины волны, например, 365 мкм, а второй — либо в ином участке ультрафиолетового спектра (например линия 313 мкм), либо в каком-либо участке видимого спектра; выбор зоны спектра определяется теми же соображениями, что и при обычном цветоделении, т. е. фотографирование производится в лучах, различно отражаемых сравниваемыми объектами. Далее, как указано выше, с полученных цветоделенных негативов производится двухцветный отпечаток в произвольных максимально контрастирующих цветах. Для получения изображения в ближней зоне ультрафиолетового спектра (линия 365 мкм ртутного спектра) используется светофильтр УФС-2; фотографирование производится с помощью обычной стеклянной оптики. Для фотографирования в лучах с длиной волны 313 мкм применяется кварцевая оптика и комбинация светофильтров УФС-2 и ЖС-3.

Двухцветная печать используется и для цветоделительной фотографии в инфракрасной области спектра. Как показали спектрофотометрические исследования,

особенный интерес для целей дифференциации материалов письма представляет пограничная зона дальней красной и ближней инфракрасной области спектра; кривые спектральных коэффициентов яркости большей части красителей, входящих в состав чернил, карандашей, туши и пр., в этой части спектра образуют подъем. Различие в местоположении начала подъема и крутизны его для различных красителей используется для получения цветоделенных негативов; особенно четко в этой области выявляется различие между органическими красителями и минеральными пигментами. Весьма широко дальняя красная и ближняя инфракрасная зоны спектра используются для дифференциации фиолетовых и синих чернил.

В зависимости от спектральных свойств один из цветоделенных снимков может быть произведен либо на панхроматической пластинке со светофильтром КС-17 (или КС-18), на пластинке изохром со светофильтром КС-15 или же на пластинке «инфрахром 760» со светофильтром КС-19. В более длинноволновых лучах спектральные кривые большинства органических синтетических красителей очень мало отличаются друг от друга и поэтому фотографирование в лучах с длиной волны более 760 мкм обычно применяется лишь для дифференциации органических красителей от минеральных.

Второй цветоделенный снимок может быть произведен в любой зоне видимого или ультрафиолетового спектра, в которой соотношение яркостей сравниваемых объектов было бы обратным.

На рис. IX—9 приведены примеры трансформации цвета с использованием дальней красной области спектра, произведенной с целью дифференциации штрихов фиолетовых чернил.

Снимок «а» произведен на панхроматической пластинке со светофильтром КС-17, а снимок «б» — на пластинке изорто со светофильтром ЖЗС-1. В данном случае цветоделение произведено в соответствии со схемой, приведенной на рис. IX—5.

Метод трансформации цвета путем получения двухцветного снимка в условных цветах находит применение и при исследованиях с помощью радиоактивных изотопов.

Для получения трехцветного снимка в условных цветах могут быть применены трехслойные позитивные материалы. Цветовые различия усиливаются вмешательством в стадию цветового синтеза путем изменения красок, из которых образуются частичные цветные изображения. Практически это осуществляется путем применения для печати с цветоделенных черно-белых негативов иных копировальных фильтров, а не тех, с которыми были сняты негативы.

Для прочтения мало различимых текстов и для дифференциации материалов письма важно увеличение незначительных цветовых различий до такой степени, чтобы их легко улавливал глаз.

В качестве примера выявления малозаметного текста с помощью указанного метода можно привести следующий.

Объект в виде пестрого листка бумаги с текстом, исполненным красным, зеленым и желтым карандашами (штрихи которых визуальнo неразличимы на пестром фоне — см. рис. IX—10а) был сфотографирован с тремя светофильтрами. В результате съемки путем изготовления трех цветоделенных черно-белых негативов, сопровождаемой увеличением контрастов, и последующего цветового синтеза — при условии относительно правильного цветовоспроизведения — штрихи текста на снимке (рис. IX—10б) различаются лучше, однако прочтение его еще затруднительно. При изменении красок воспроизведения в результате цветового синтеза текст на снимке легко читается (рис. IX—10в), так как фон документа воспроизведен желто-зеленым, а в желто-зеленой части спектра глаз наиболее чувствителен к изменениям цветности.

При печати применяют фильтры, которые обеспечивают получение изображений в максимально контрастирующих цветах, каковыми являются, например, зеленый и пурпурный, красный и голубой.

Такого рода трансформированные цветные изображения можно получать с трех цветоделенных негативов, полученных при съемке в узких спектральных зонах или же в различных зонах невидимой части спектра — ультрафиолетовой и инфракрасной, а также при комбинации видимой и невидимой частей спектра и в ряде иных случаев.

Для выявления различия оттенков объектов, имеющих сине-фиолетовую и фиолетовую окраску, слабо различаемых при визуальном наблюдении, в некоторых случаях может быть применен упрощенный вариант цветовой трансформации, заключающийся в воспроизведении окрашенных объектов в дополнительных цветах при помощи многослойных фотоматериалов, например, негативное цветное изображение передает фиолетовые и синие цвета желтыми и желто-зелеными. Поэтому, при сравнении синих и фиолетовых тонов предлагается изучать их негативные изображения на пленке или бумаге, обеспечивая таким образом перевод разделяемых цветовых оттенков в область повышенной цветоразличительной способности глаза.

ЛИТЕРАТУРА

Н. В. Терзиев, А. И. Манцетова, Применение цветной фотографии в криминалистике, «Социалистическая законность», № 10, 1948.

А. И. Манцетова, Применение цветной фотографии в криминалистике, сб. «Вопросы советской криминалистики», Госюриздат, М., 1951.

Н. А. Селиванов, Судебно-оперативная фотография, Госюриздат, М., 1955.

В. Д. Загорский, Применение нейтрально-серой шкалы — необходимое условие использования цветной фотографии в криминалистике, сб. «Советская криминалистика на службе следствия», вып. 4, Госюриздат, М., 1953.

Н. И. Кириллов, С. М. Антонов, Процессы цветной фотографии, Госкиноиздат, М., 1951.

К. Л. Мертц, Цветная фотография, Госкиноиздат, М., 1950.

Е. А. Иофис, Практика цветной фотографии, Госкиноиздат, М., 1950.

Л. Иорданский, К. Л. Мертц и др., Цветная фотография на трехслойных светочувствительных материалах, Госкиноиздат, М., 1949.

В. Я. Михайлов, Практический вариант цветофотографического процесса, «Журнал научной и прикладной фотографии и кинематографии», т. 1, вып. V, 1956.

Н. Д. Нюберг, Теоретические основы цветной репродукции, «Советская наука», М., 1948.

С. А. Друккер, Источники света и освещения в цветной фотографии, «Искусство», М., 1956.

Г. А. Тихов, «Известия Русского астрономического общества», 1911, вып. XVII, № 5, стр. 169.

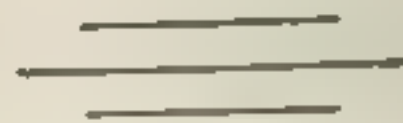
В. И. Фаворский, «Вестник фотографии», 1916.

Е. М. Брумберг, Доклады Академии наук СССР, XXV, 1939, № 6.

Е. Ю. Брайчевская, Криминалистика и научно-судебная экспертиза, М., 1950, стр. 88.

В. Г. Дроздов, Применение методов цветной фотографии на трехслойных материалах при исследовании вещественных доказательств, сб. «Криминалистика и судебная экспертиза», Киев, 1957.

В. Г. Дроздов, Н. М. Зюскин, Цветная фотография как метод различения цветов, сб. «Материалы научной конференции, посвященной проблемам криминалистической экспертизы», М., 1958.



Часть четвертая

СПЕЦИАЛЬНЫЕ
ФОТОГРАФИЧЕСКИЕ
МЕТОДЫ

≡

ств

пре

про

М

фото

вана

ения

извод

и рас

сдела

редел

циаль

по сл

2.

можно

екцию

на пло

Как

ную ф

бразить

ектиров

перпенд

чае полу

При

получаетс

ния предс

На это

скость. В

14

Фото

Глава X

МЕТРИЧЕСКАЯ ФОТОГРАФИЯ

1. При фотографической фиксации места происшествия большое значение имеет определение размеров предметов и построение плана места происшествия по произведенным снимкам.

Метрическая фотография является приложением фотограмметрии для целей криминалистики; она основана на перспективных построениях и дает возможность производить измерения предметов и расстояний как по снимкам, сделанным с соблюдением определенных условий или специальной аппаратурой, так и по случайным снимкам.

2. Фотографический снимок можно рассматривать как проекцию снимаемого предмета на плоскость.

Какую-либо пространственную фигуру мы можем изобразить на бумаге путем проектирования при помощи пучка параллельных линий, перпендикулярных к плоскости проекции. В данном случае получается план.

При перспективном или полярном проектировании получается перспектива. Суть полярного проектирования представлена на рис. X—1.

На этом рисунке ACB обозначает предметную плоскость. В точке P находится фотоаппарат (или глаз).

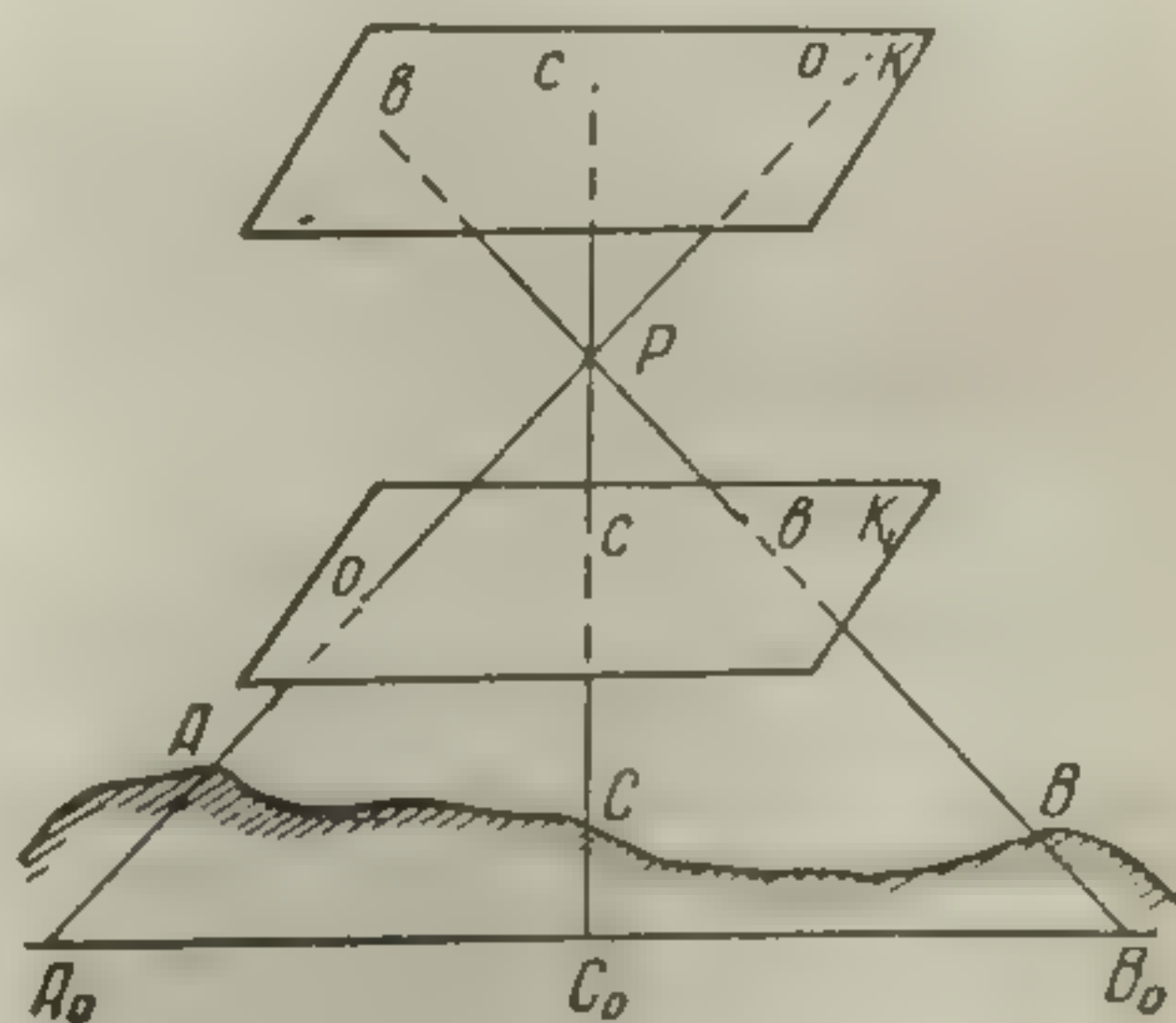
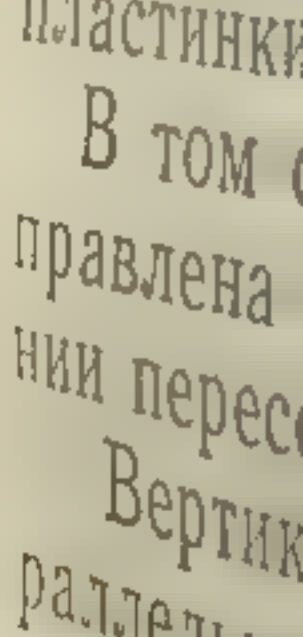


Рис. X—1. Полярное проектирование

Вопросы
ка У
олу
данно
расстоян
Глав

Главн
ка J — э
ризонта
пластинк
нием из S

Главная точка J_1 (точка, из которой вертикальная линия S_1 выходит из пластины)



На рис. 10.10.1

Две па
спективе д
схода. Гор
точку сход
прямые в
имею

линии, соединяющей точки

14

42

В том случае, если пластинка остается перпендикулярной предметной плоскости, а объектив передвигается вверх, вниз или в стороны, то главная точка не совпадает с точкой пересечения диагоналей снимка.

Если же пластинка находится под некоторым углом к предметной плоскости (рис. X—3), то главная точка O представляет собой основание перпендикуляра, опущенного из точки зрения S на плоскость картины (или пластинки). Отрезок SO в данном случае будет фокусным расстоянием объектива.

Главная горизонтальная точка J — это точка пересечения горизонта с вертикальной осью пластинки, полученная проведением из S горизонтальной линии.

Главная вертикальная точка J_1 (точка надира) — точка встречи вертикальной линии, опущенной из S , с вертикальной осью пластинки.

В том случае, если камера направлена вверх, вертикальные линии пересекаются выше линии горизонта в точке зенита.

Вертикальная и горизонтальная оси — это линии, параллельные и перпендикулярные горизонту, проведенные через главную точку O . Угол наклона i — угол, под которым наклонена пластинка к вертикали.

На рис. X—2 можно видеть, что перспектива прямой есть прямая линия.

Две параллельные прямые представляются в перспективе двумя прямыми, которые имеют общую точку схода. Горизонтальные параллельные прямые имеют точку схода на горизонте, вертикальные параллельные прямые в случае наклонного положения пластинки имеют точку схода на главной вертикальной оси.

Линии, перпендикулярные картинной плоскости, имеют точкой схода главную точку. Горизонтальные линии, составляющие с картинной плоскостью угол 45° , сходятся в точке отстояний.

3. Наиболее распространенными методами метрической фотографии являются методы, основанные на применении перспектометров. Такими перспектометрами

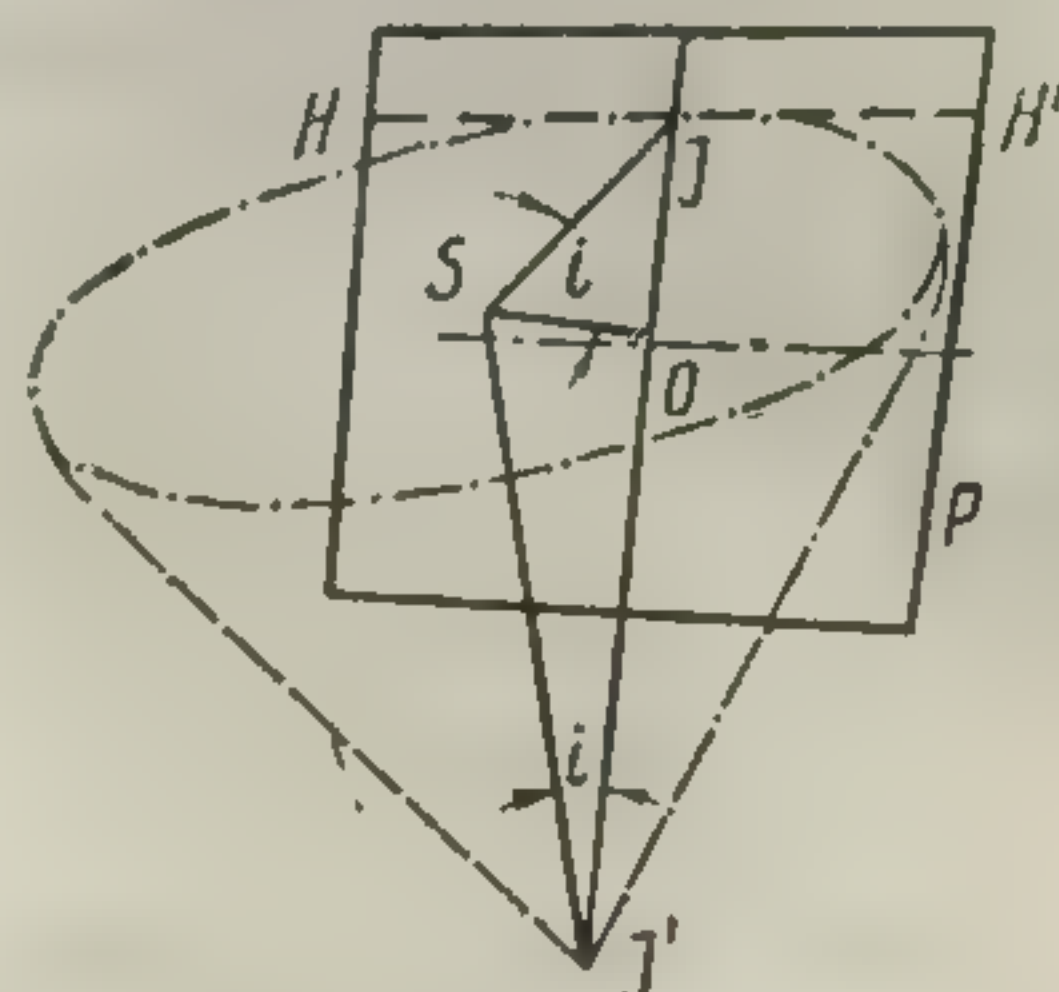


Рис. X—3. Перспектива при расположении пластинки под углом к предметной плоскости

могут быть или шкалы, располагаемые у метрического снимка, или масштабы, фиксируемые на снимке одновременно с объектом. Первая группа способов требует применения для съемки вполне определенного ап-

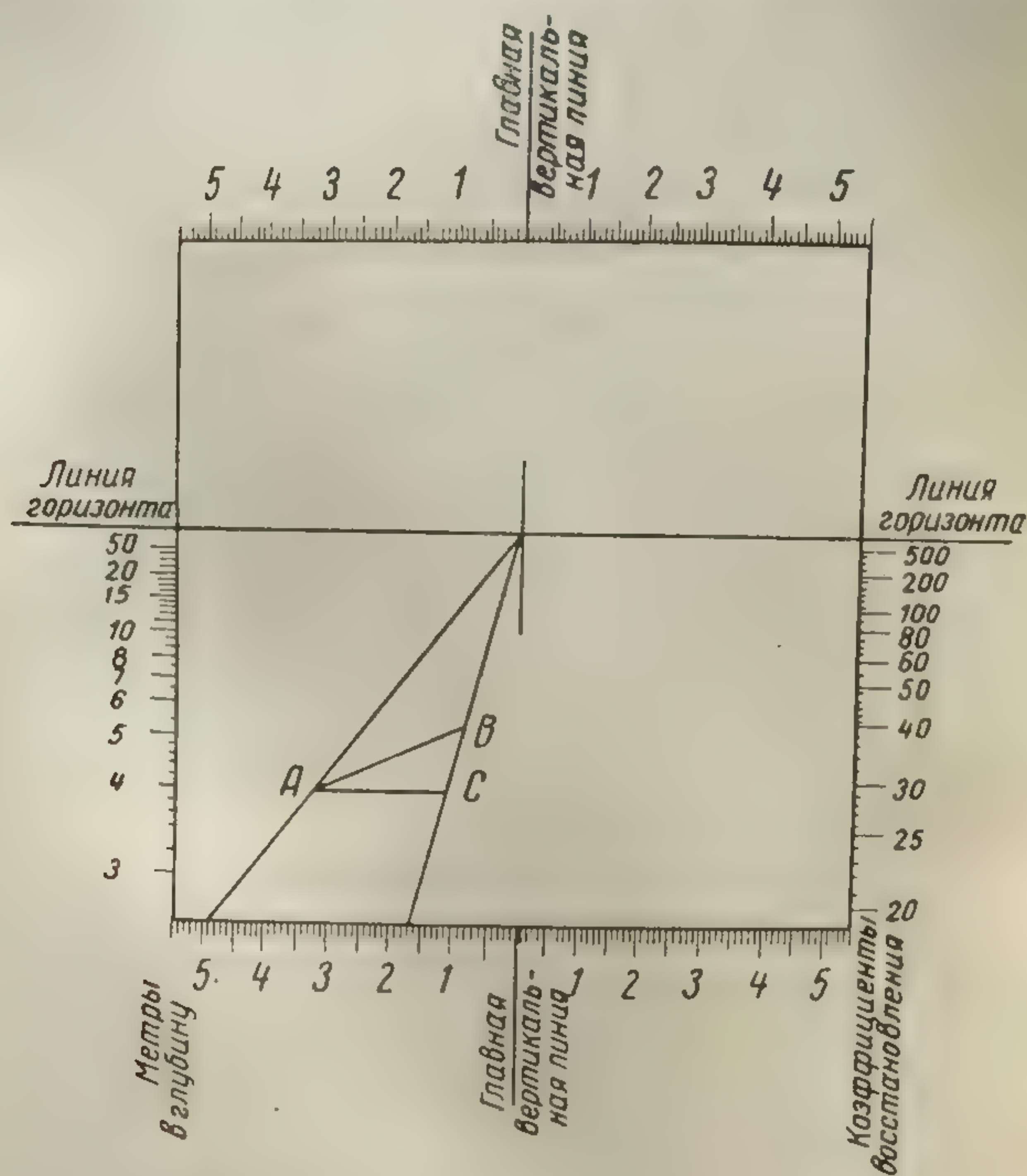


Рис. X—4. Бланк с перспектометром в виде шкалы

парата, для которого рассчитаны шкалы, при определенной его установке над уровнем земли и вертикальном положении пластинки.

Полученный фотографический снимок печатается контактом и наклеивается на специальный бланк (см. рис. X—4). На этом бланке, рассчитанном для аппарата «Фотокор», у нижнего края снимка нанесены деления, соответствующие $\frac{1}{10}$ натуральной величины, у левого края — расстояния от аппарата до предметов, на-

ходящихся на земле, и у правого края — коэффициенты уменьшения предметов, находящихся на данном расстоянии от аппарата.

Снимок наклеивается на бланк таким образом, чтобы линия горизонта, обозначаемая на снимке отметками в кассете, приходилась против линии горизонта бланка. Измерения на снимке производятся следующим образом: расстояния в направлении, параллельном горизонту, а также высота предметов измеряются при помощи миллиметровой масштабной линейки. Затем линейку прикладывают к основанию измеряемого предмета параллельно линии горизонта и на шкале с правой стороны снимка находят коэффициент восстановления, на который множат полученное при измерении значение в миллиметрах. В результате получают значения измеряемой величины в натуре, выраженные в миллиметрах.

Определение расстояний, перпендикулярных линии горизонта, находящихся на поверхности земли, производится следующим образом: как известно, коэффициент уменьшения предметов на снимке и расстояние их от аппарата связаны между собой определенной зависимостью. Если к коэффициенту уменьшения предмета, находящегося в какой-либо точке на снимке, добавить единицу, то полученное значение будет представлять собою расстояние до данной точки, выраженное в фокусных расстояниях (коэффициент восстановления). Умножая это значение на фокусное расстояние объектива, мы получим расстояние точки от аппарата. Таким же образом определяется расстояние от аппарата и до другой точки. Вычитая полученные значения одно из другого, мы получаем расстояние точек друг от друга.

Для определения расстояний в плоскости земли, направленных под некоторым углом к горизонту, поступают следующим образом. Через точки, между которыми необходимо измерить расстояние, проводят две перспективные линии. Проведя линию, параллельную линии горизонта, из одной точки, получаем прямоугольный в натуре треугольник, гипотенузой которого является измеряемое расстояние, а стороны которого, будучи в натуре параллельны и перпендикулярны горизонту, могут быть измерены описанным выше путем (рис. X—5). Из этих данных можно определить гипотенузу на

основании известного соотношения — квадрат гипотенузы равен сумме квадратов катетов. Можно гипотенузу определить и путем графического построения.

Для построения плана по снимку применяется специальная сетка. Крайние радиусы на этой сетке соответствуют углу зрения объектива, горизонтальные линии (параллели) соответствуют расстояниям 50 см в натуре.

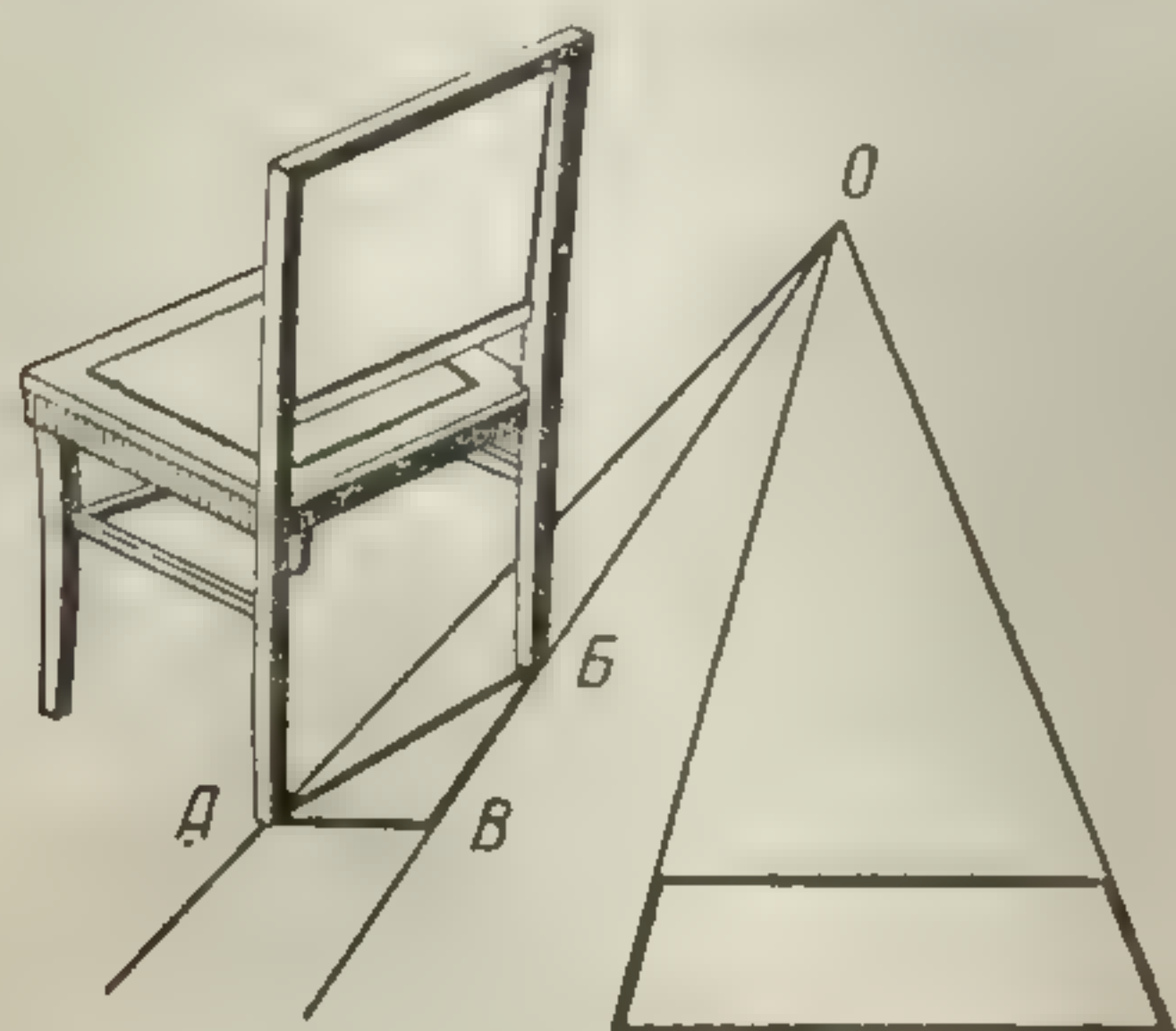


Рис. X—5. Определение размера по снимку

План строится в сетке в масштабе $1/20$ натуральной величины.

Нумерация радиусов соответствует нумерации делений на шкалах внизу и вверху метрического бланка.

Для целей метрической фотографии можно использовать любые аппараты, в том числе и малоформатные камеры.

На снимке, произведенном с вертикальным положением пластинки и определенном расстоянии от уровня земли, определяется положение главной точки путем нанесения диагоналей; проводится главная вертикальная ось. Затем на нижнем крае снимка посередине наносится расчетная величина AB определенного расстояния в натуре 0,5 или 1 метр и проводятся перспективные линии. Таким образом, получают необходимые данные для получения горизонталей и для определения коэффициентов восстановления.

4. Ко второй группе относятся способы, основанные на съемке масштабов, по которым производятся перспективные построения или измерения предметов.

Наиболее универсальный и практически пригодный вариант этого способа заключается в следующем.

Может быть взят любой аппарат. Пластишка должна располагаться в строго вертикальном положении. Расстояние объектива от пластинки любое, в зависимости от наводки на резкость. Перед аппаратом располагается масштаб, имеющий форму квадрата со вписанным в него кругом (квадратно-круговой масштаб). Стороны квадрата равны или 1 м, или 50 см. Квадрат распола-

гается таким образом, чтобы сторона его была параллельна пластинке и находилась на изображении возможно ближе к ее краю.

Обработка полученного снимка производится следующим образом.

Снимок обрезают так, чтобы изображение квадрата не было затронуто, и наклеивается на лист бумаги. Снимок может быть подвергнут увеличению. Снимок необходимо наклеивать на лист бумаги достаточного размера, например, для снимка 9×12 требуется

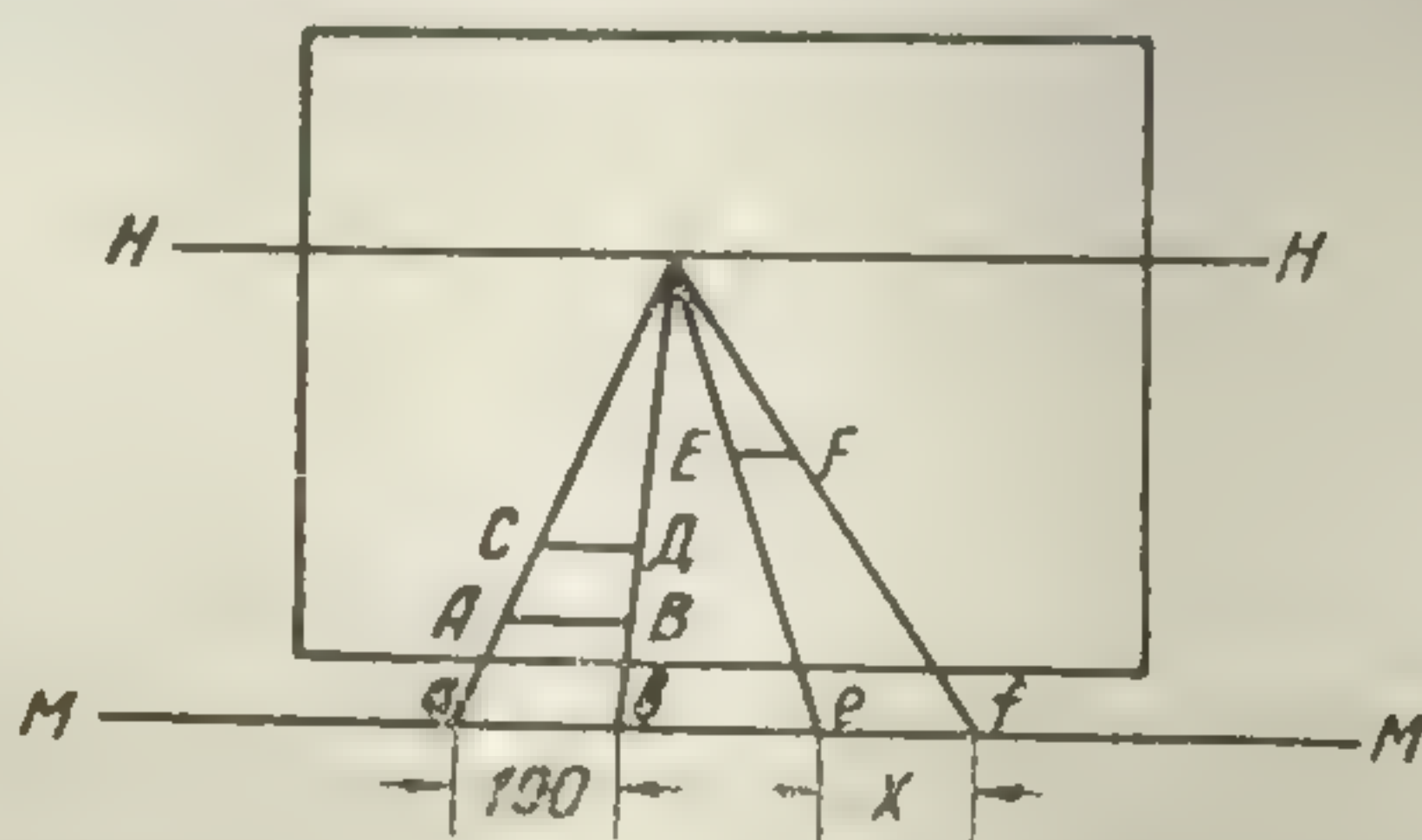


Рис. X—6. Определение размеров отрезков, параллельных горизонту

размер листа 30×40 см. Далее снимок готовится для производства измерений следующим образом.

Через боковые сходящиеся на изображении стороны квадрата проводят прямые до пересечения их друг с другом в точке «О», которая является главной точкой. Через точку «О» проводится линия горизонта, параллельно нижнему срезу снимка. Прямые, проведенные через боковые стороны квадрата, продолжают на бумаге, на которой наклеен снимок, до тех пор, пока расстояние между ними не станет равным 10 см, если съемка производилась с квадратом, сторона которого была 1 м, и 5 см, если сторона квадрата была 0,5 м. При этом условии все размеры при определении их на основании снимка будут получаться в масштабе 1 : 10. Через конечные точки этих прямых проводится линия, параллельная линии горизонта. Эта линия называется масштабной линией.

Определение размеров на снимке производится следующим образом:

1) Размеры в направлении, параллельном горизонту (см. рис. X—6). Крайние точки измеряемого отрезка

EF проектируют из произвольно взятой точки на линии горизонта на масштабную линию MM . Размеры отрезка EF определяются из соотношения отрезков ef и ab на масштабной линии.

Вертикальные отрезки откладываются циркулем в горизонтальном положении от точки соприкосновения их с землей и определяются как горизонтальные.

2) Для определения размеров отрезков, расположенных в глубь снимка в направлении, перпендикулярном к линии горизонта, возможно применить способ, употребляемый при персептометре

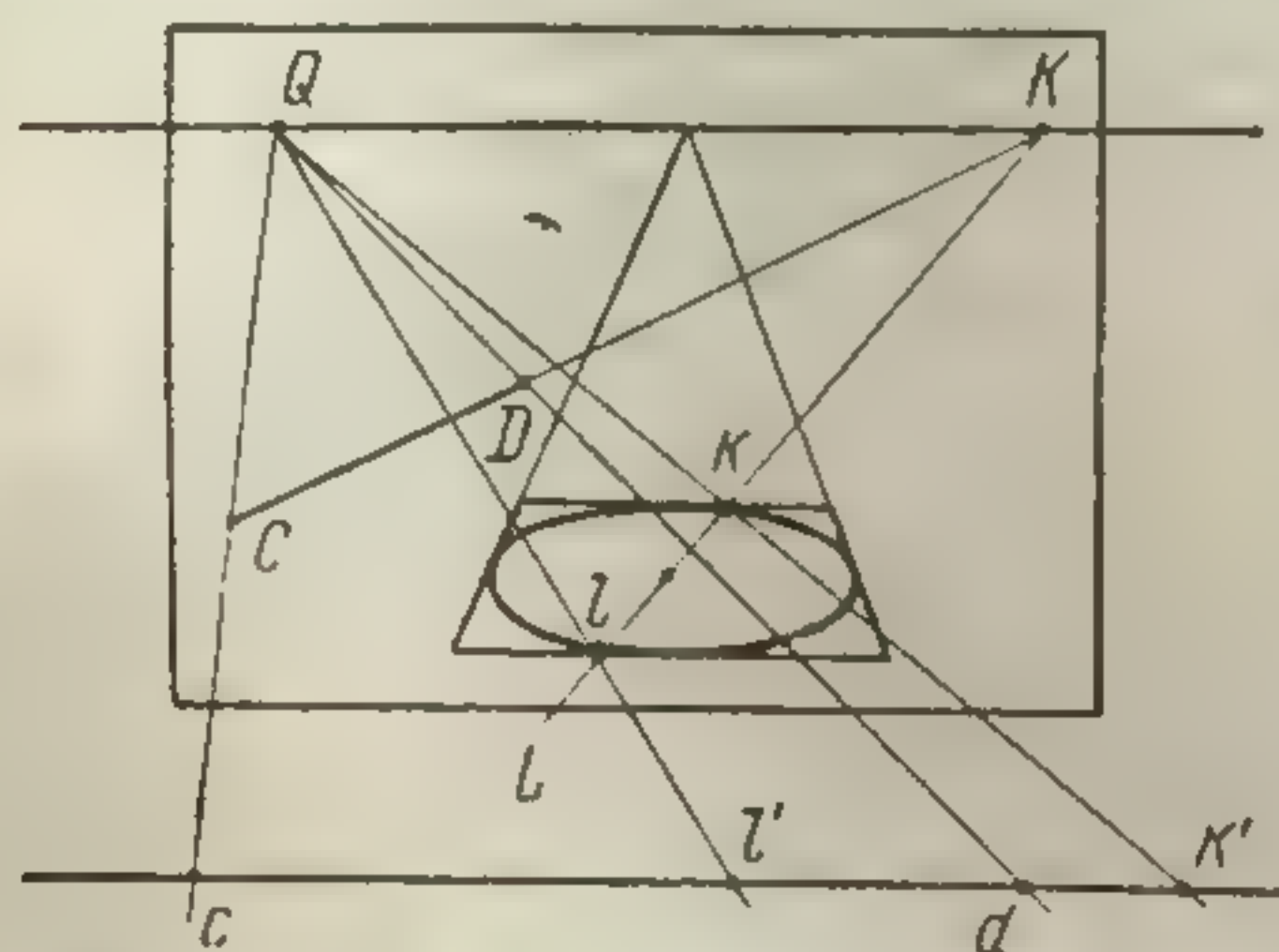


Рис. X—7. Определение размеров отрезков, лежащих в произвольном направлении к горизонту

в виде шкалы. Пользуясь квадратным масштабом, вычисляют коэффициенты уменьшения в данной точке, а следовательно, и расстояния до аппарата.

3) Для определения величины отрезков, лежащих в произвольном направлении к линии горизонта, возможно пользоваться следующим построением (см. рис. X—7).

Искомый отрезок CD продолжают до пересечения с линией горизонта в точке K . Через точку K и центр квадратно-кругового масштаба проводят прямую KL . Эта прямая пересекает круг в точках k и l . Затем из любой точки на линии горизонта Q проводят прямые через концы отрезка CD и через точки k и l , до пересечения с прямой в точках c , d , k_1 и l_1 . Значение CD получается из отношения

$$CD = A \frac{cd}{k_1 l_1},$$

где A — диаметр круга или сторона квадрата, выраженная в сантиметрах.

4) Возможно определить также величину отрезков с любым расположением в пространстве, но с тем условием, что один из его концов лежит на земле, и определить размеры в том случае, если фотографирование производится камерой с наклоном. В последнем случае приходится прибегать к дополнительным приемам, так

как вертикальные в натуре линии имеют наклон на снимке. В том случае, если камера наклонена вниз, точка схода этих линий (надирная точка) будет лежать ниже снимка на главной вертикальной оси, если камера поднята вверх, точка схода (зенитная точка) будет лежать вверху.

Наклон камеры не следует смешивать с перемещением объектива по отношению к пластинке. В этом случае линия горизонта только перемещается выше или ниже по отношению к горизонтальной оси пластинки.

При съемке камерой с наклоном необходимо, кроме квадратно-кругового масштаба, сфотографировать еще вертикальный масштаб — рейку длиной 1 или 0,5 м, расположенную вполне вертикально на уровне земли в боковой части снимка. Эти методы описаны в литературе.

Для обработки снимков, полученных при помощи малоформатной камеры, Антонов и Бунимович предлагают снимать квадратный масштаб, затем по этому квадрату на снимке найти линию горизонта и главную точку. Линия, на которой находится основание квадрата, делится на отрезки, равные основанию квадрата, после чего проводятся перспективные линии из главной точки. Для нахождения коэффициента восстановления предлагается продолжать диагональ квадрата до линии горизонта, пересечения этой линии с перспективными линиями дадут нам горизонталы, проведенные в плоскости земли через расстояние, равное стороне квадрата (см. рис. X—8).

Эти построения производятся на отпечатке, изготовленном с увеличением в 5 раз. Индексы уменьшения получают путем деления значения длины стороны квадрата в натуре на $1/5$ величины основания клетки на снимке.

Расстояния от аппарата получают путем прибавления к индексам уменьшения единицы и умножения на величину фокусного расстояния аппарата.

Для построения плана по фотоснимку с квадратно-круговым масштабом можно применить методы графических построений. Однако более простым является нанесение на снимок сетки перспективных линий, пользуясь квадратным масштабом, как было указано ранее.

По одному снимку указанным способом с достаточной точностью (до 1%) могут быть измерены расстояния, лежащие не далее 10—18 м от аппарата.

Для более далеких расстояний точность составления плана может быть повышена в том случае, если производятся два снимка с разных точек зрения и расстояние между местоположениями аппарата при обоих снимках известно. Кроме того, на обоих снимках должен быть зафиксирован один и тот же предмет, служащий ориентиром, расстояние которого до обоих точек фотографирования известно.

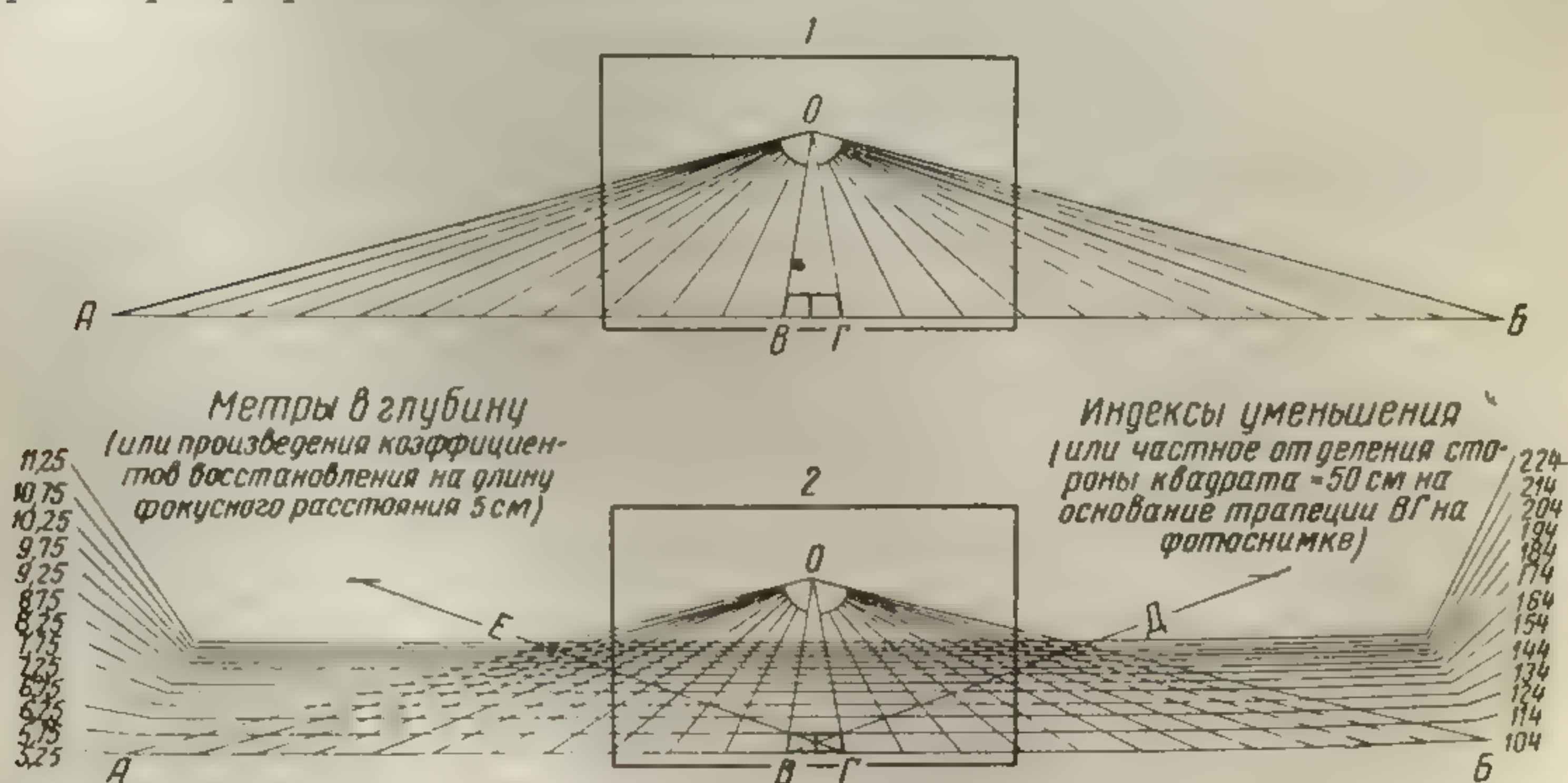


Рис. IX—8. Обработка снимка ФЭД

Помимо вышеприведенных, возможны еще многие способы измерений предметов и построения планов по фотографическим снимкам. Возможны и графические и аналитические способы решения этих задач. Они основываются на учении о перспективе и начертательной геометрии и здесь не освещаются. Для широкого применения можно рекомендовать вышеприведенные способы.

5. В криминалистической практике иногда возникает необходимость построения плана по снимку, произведенному случайным и притом неизвестным фотоаппаратом. Как правило, измерение расстояний на снимке возможно только в том случае, если он не подвергался увеличению. По снимкам, произведенным с увеличением, возможно построить план, но без определения размеров. В некоторых случаях измерения возможны и на

снимках, произведенных с увеличением, когда на снимке изображен какой-либо предмет, имеющий известные размеры.

а. Прежде всего на случайном снимке необходимо определить линию горизонта. В том случае, если горизонт непосредственно замечен на снимке (море, поле), это не представляет затруднений. Для нахождения линии горизонта, который на снимке не виден, можно воспользоваться тем обстоятельством, что параллельные линии, расположенные горизонтально, имеют своим сходом точку, лежащую на линии горизонта. Выбирая два семейства таких линий, можно получить две точки,

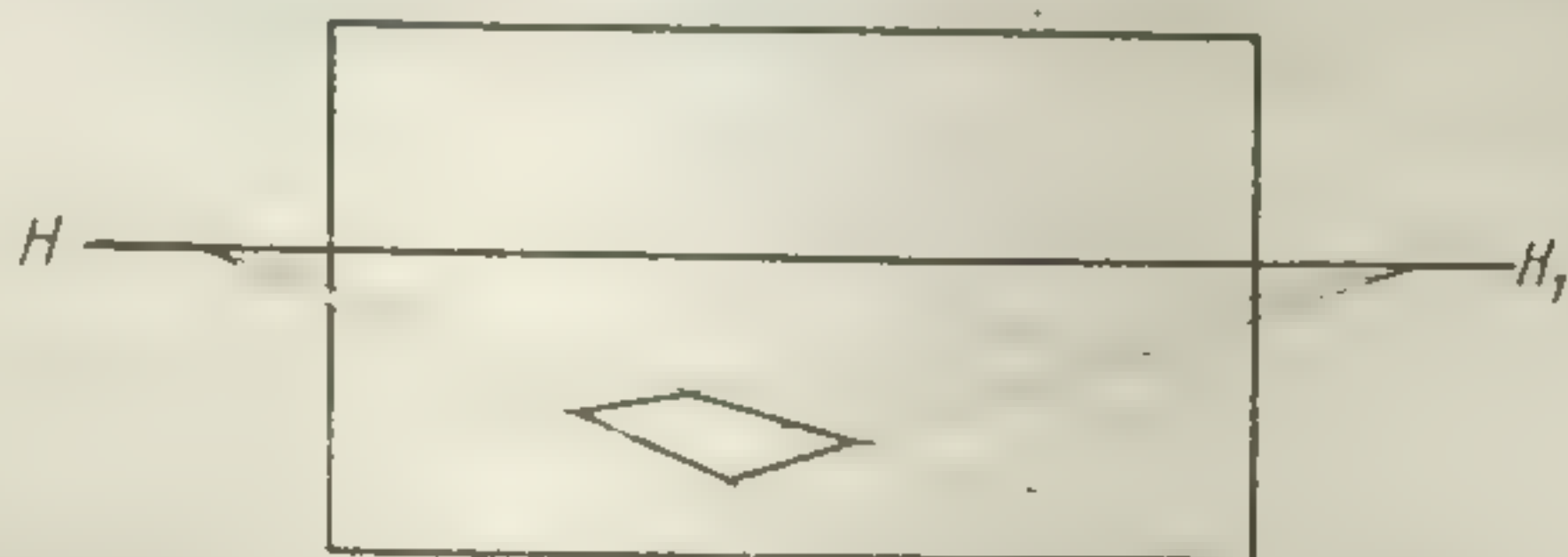


Рис. X—9. Нахождение линии горизонта

лежащие на линии горизонта, и тем самым провести эту линию (см. рис. X—9).

Для нахождения горизонта можно воспользоваться еще и следующим приемом: предположим, что мы на снимке обнаружили только две параллельные линии, расположенные горизонтально. Таким образом, мы можем найти только одну точку схода. Рассмотрев снимок, можно увидеть, что он произведен камерой, поставленной в вертикальном положении. Об этом можно судить на основании параллельности вертикальных в натуре линий. Через одну из этих вертикальных линий проводится прямая; из найденной точки схода, лежащей на линии горизонта, на нее опускается перпендикуляр, который и будет являться линией горизонта (рис. X—10).

б. Многие перспективные построения невозможно произвести без отыскания главной точки. В том случае, если снимок заведомо не обрезают, а отпечатали полностью, главная точка легко может быть найдена на пересечении диагоналей снимка. Это можно сделать на снимке, произведенном, например, малоформатной ка-

мерой, в которой объектив не сдвигается в стороны или вверх.

Если же снимок обрезали или аппарат неизвестен, для нахождения главной точки можно воспользоваться

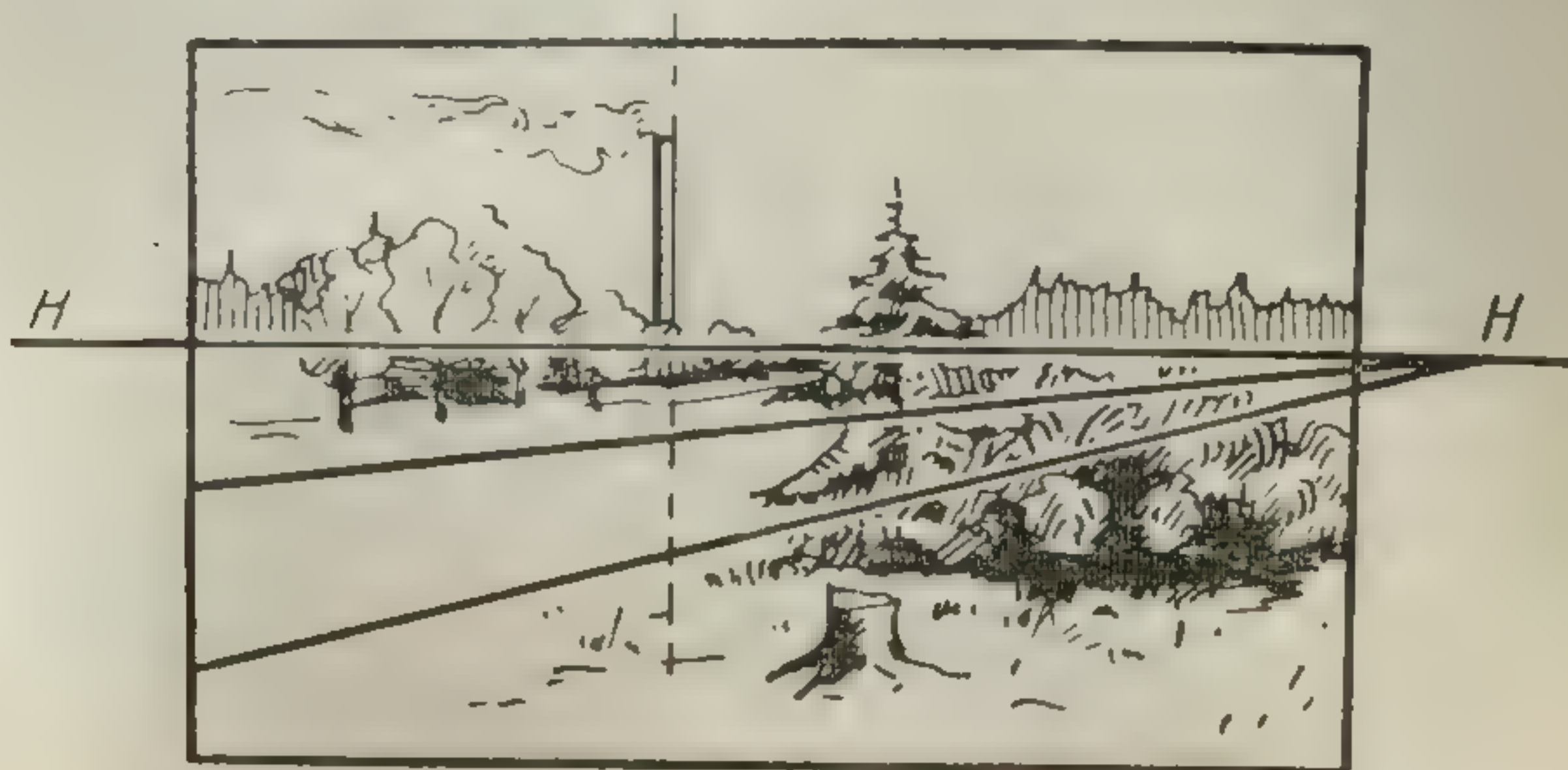


Рис. X—10. Нахождение линии горизонта

приемом, который заключается в разыскании на снимке трех взаимно перпендикулярных направлений (см. рис. X—11). Можно выбрать, например, ширину,

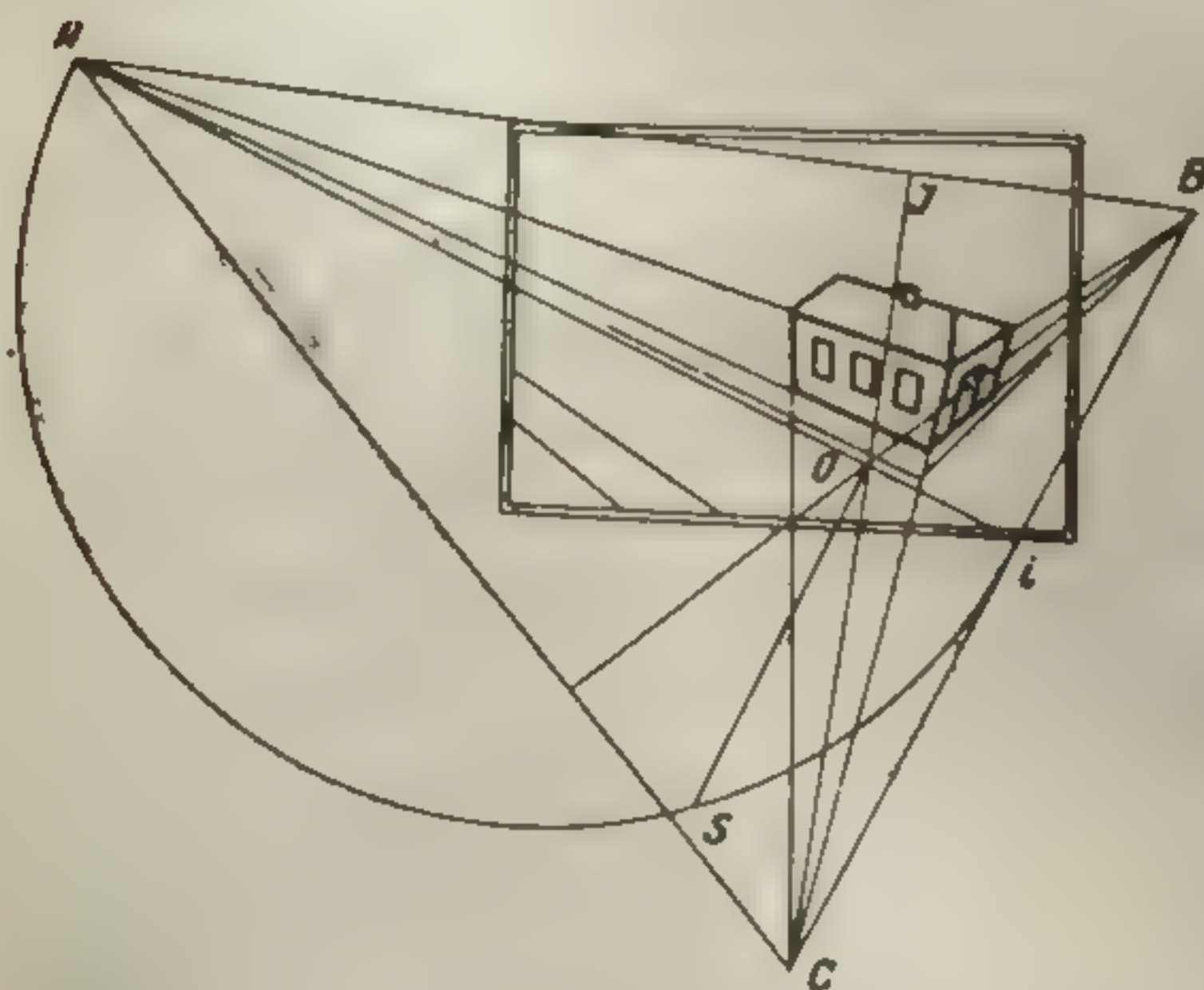


Рис. X—11. Нахождение главной точки.

длину и высоту какого-либо предмета; для параллельных линий в этих трех направлениях можно найти точки схода A , B и C . Соединив эти точки прямыми линиями, мы получим треугольник ABC . Построим три высоты этого треугольника; точка пересечения высот « O » является главной точкой снимка.

Параллельные прямые, перпендикулярные линии горизонта имеют точку

схода, лежащую в главной точке. Если заведомо известно, что данный предмет является квадратом, например, сиденье стула, плита тротуара, то, пользуясь этим, можно найти точку отстояния (рис. X—12), так же, как это делается для снимков, снятых с квадратным масштабом. Снимок может быть разбит на квад-

точками a_1 и b_1 . Место пересечения окружностей будет представлять собою расположение точки зрения; перпендикуляр, опущенный из S на линию горизонта, равен длине фокусного расстояния объектива, которым произведена съемка, а точка « O » представляет собою главную точку снимка.

Из следующего примера видны некоторые приемы перспективных построений (рис. X—14).

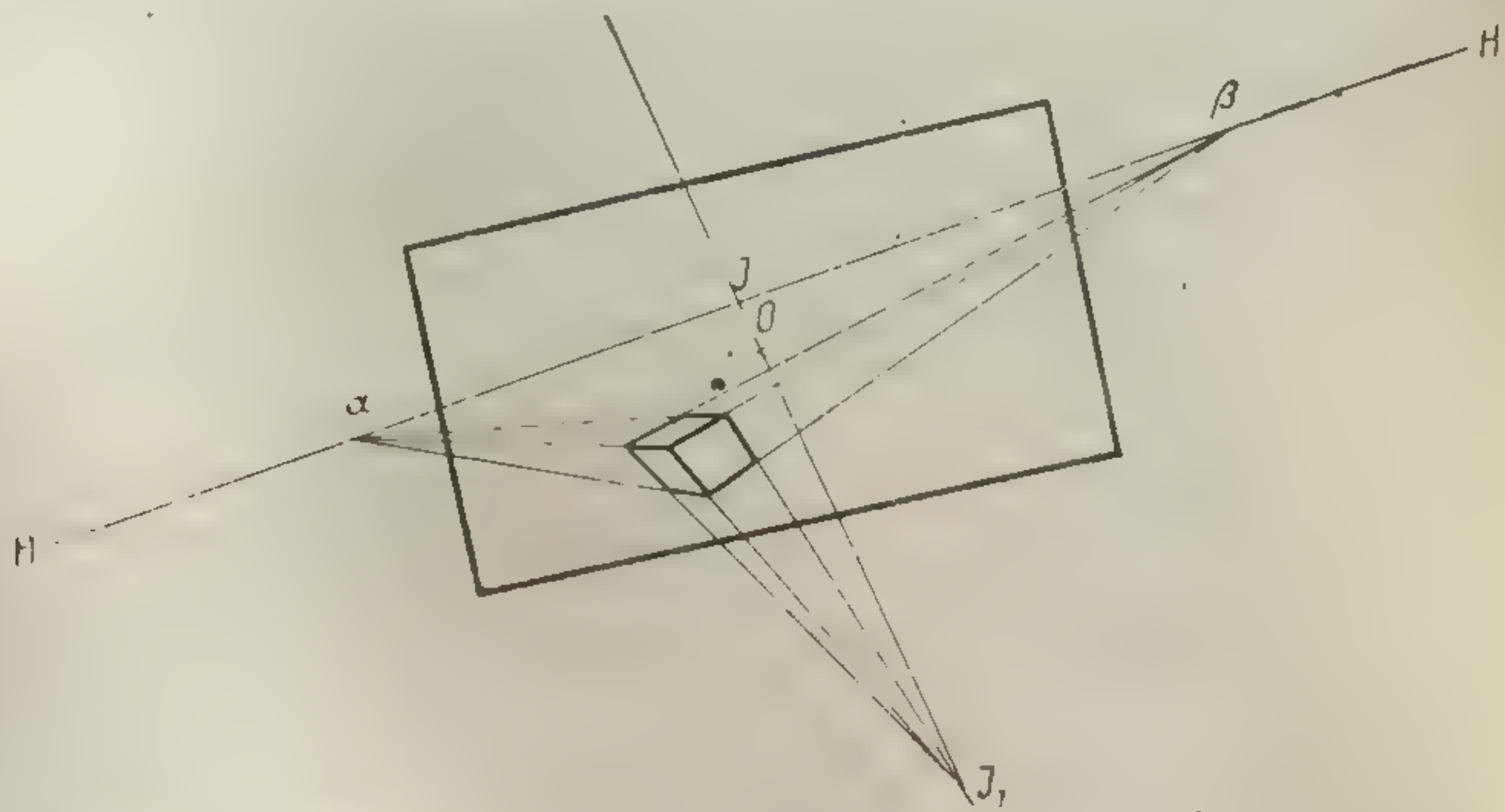


Рис. X—14. Определение фокусного расстояния

Снимок не обрезали, и главная точка снимка может быть найдена путем пересечения диагоналей. Снимок произведен с наклоном камеры, о чем можно судить на основании наклона вертикальных в натуре линий. Линию горизонта находят путем соединения точек схода двух пучков линий, перпендикулярных в натуре. Если продолжить вертикальные в натуре линии до их пересечения в точке I_1 , мы получаем точку надира. Проведя через точку I_1 и O прямую, мы получаем вертикальную ось снимка. Фокусное расстояние SO (точка S лежит вне плоскости чертежа) может быть найдено двумя путями: так как треугольник SI_1O является прямоугольным треугольником, то фокусное расстояние SO , являющееся высотой этого треугольника, может быть вычислено из соотношения

$$\overline{SO}^2 = OI \times OI_1$$

Фокусное расстояние может быть вычислено и иным способом. Мы можем построить прямоугольный тре-

угольник $\alpha S \beta$: линия SI будет являться высотой этого треугольника и может быть вычислена из соотношения

$$\overline{SI}^2 = \alpha I \times \beta I.$$

Принимая во внимание, что треугольник SOI является прямоугольным, фокусное расстояние может быть вычислено из следующего соотношения

$$\overline{SO}^2 = \overline{SI}^2 - \overline{OI}^2$$

Угол наклона камеры i вычисляется из соотношения

$$\operatorname{tg} i = \frac{OI}{SI}$$

Фокусное расстояние может быть определено и графическим построением. Для этой цели можно воспользоваться одной из высот треугольника, построенного по трем точкам схода взаимно перпендикулярных прямых (см. рис. X—11). Если на одной высоте описать полуокружность с диаметром, равным высоте треугольника, то полухорда SO (перпендикуляр, восстановленный из точки O до пересечения с полуокружностью) равняется фокусному расстоянию объектива.

Знание фокусного расстояния дает возможность построить план места происшествия, правда, без определения размеров. Эти построения плана места происшествия по снимку можно произвести различными путями. Один из приемов изображен на рис. X—15.

На рисунке изображен пятиугольник в перспективном виде так, как он может быть представлен на фотоснимке. Главная точка O на этом снимке найдена путем пересечения диагоналей. Линия горизонта на снимке — HH_1 . Продолжая стороны многоугольника до пересечения с

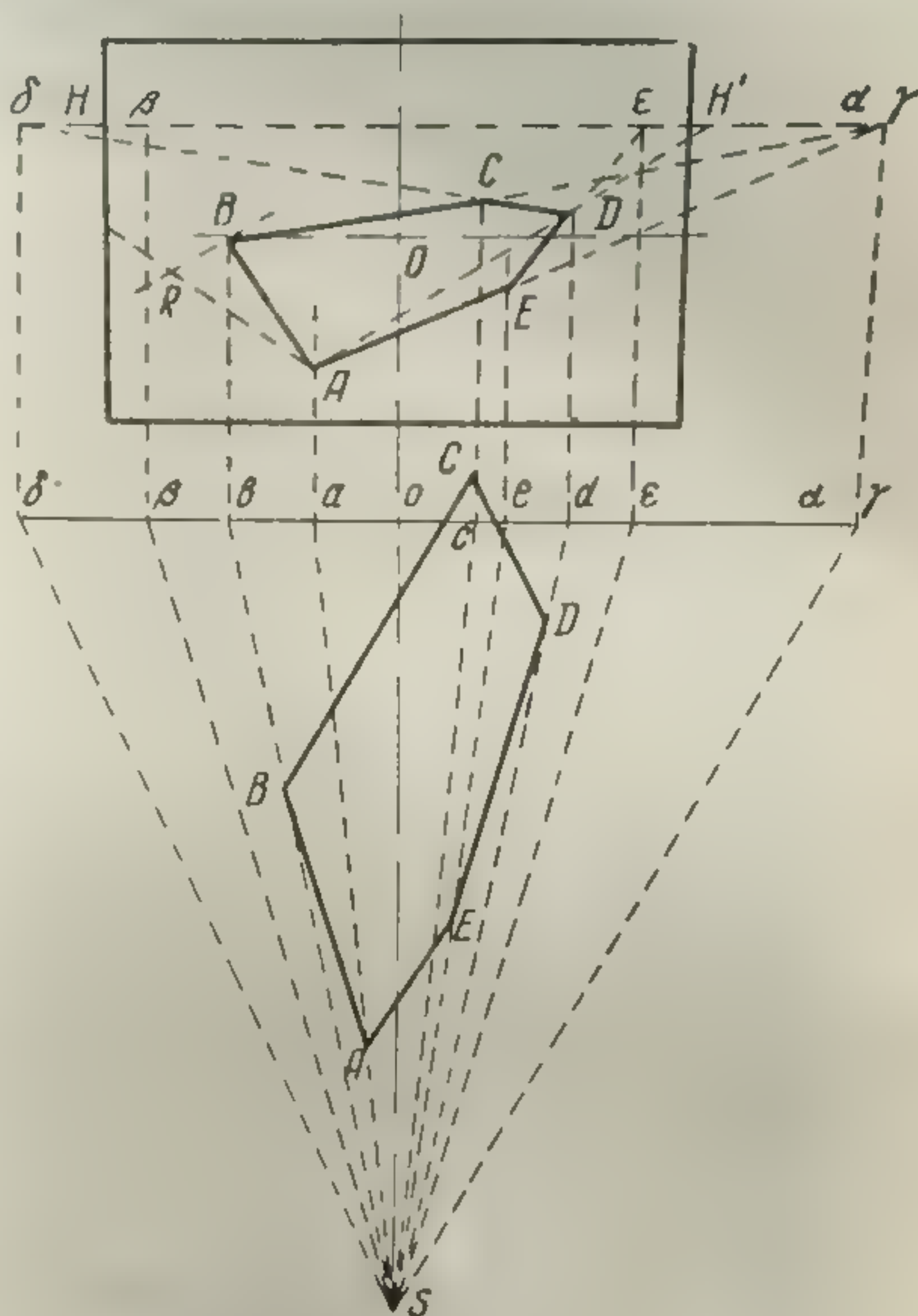


Рис. X—15. Построение плана местности по снимку

линией горизонта, получаем точки, показанные буквами $\alpha, \beta, \gamma, \delta, \epsilon$. Под снимком проводим прямую линию, параллельную линии горизонта. На эту прямую линию проектируем точки схода сторон многоугольника на линии горизонта и вершины многоугольника, а также и главную точку O . Откладываем фокусное расстояние SO в направлении, перпендикулярном этой линии, и соединяем точку S с точками $\alpha, \beta, \gamma, \delta, \epsilon$ и a, b, c, d, e на прямой. В качестве исходной для построения плана мы можем выбрать любую точку A на прямой Sa . Сторону многоугольника AE находим, проводя из точки A линию, параллельную линии $A\alpha$, до пересечения с линией Ae . Таким образом, мы получаем точку E и находим сторону многоугольника AE . Подобным же образом находят все остальные стороны многоугольника. Проверка правильности построения заключается в замыкании многоугольника. В случае необходимости для облегчения построений может быть взята вспомогательная произвольная точка R .

Масштаб полученного плана является неизвестным и зависит от длины выбранного отрезка SA .

Определить размеры и масштаб плана можно в том случае, если известна величина одной из сторон многоугольника или если на снимке зафиксирован какой-либо предмет, имеющий известные размеры.

В этом случае может быть определено по уменьшению предмета расстояние его до аппарата; расстояние между двумя предметами может быть определено по разнице расстояний этих предметов от аппарата.

г. При исследовании снимков, произведенных с неизвестным аппаратом, можно встретиться с некоторыми частными случаями, в которых довольно легко определить размеры предметов или построить план места происшествия.

Например, на снимке части улицы или усадьбы, находящейся в городе, изображен какой-нибудь предмет, величину которого надо измерить и определить его расстояние до иных предметов.

В этом случае можно воспользоваться планом соответствующей местности, который может быть получен в органах коммунального хозяйства. При помощи простейших построений на этом плане может быть найдена точ-

ка размещения объектива при съемке. Для этой цели на плане разыскивают крайние точки, лежащие у самых краев снимка, левого и правого; затем эти точки соединяют прямыми, пересечение прямых дает точку зрения или местоположение объектива аппарата.

Можно вычислить расстояние точки зрения до какого-либо из предметов, изображенных на снимке и находящихся на плане; затем вычисляют расстояние до предмета, изображенного на снимке, но на плане отсутствующего.

Однако во многих случаях размеры предметов и расстояния по случайному снимку могут быть измерены и при помощи более простых приемов, аналогичных тем, которые применяются при метрической фотографии с квадратно-круговым масштабом.

Предположим (см. рис. X—16), что на снимке изображена часть комнаты со столом и ящик, лежащий на полу, размеры которого не-

обходимо измерить. Для этой цели мы находим главную точку снимка. Главная точка является точкой схода параллельных линий, перпендикулярных картинной плоскости или в данном случае пластинке. Под снимком проводим масштабную линию, параллельную линии горизонта. На снимке изображен обычный стол. Как известно, высота стола равна 80 см. Высоту стола мы откладываем при помощи циркуля в горизонтальном направлении. Из главной точки снимка проводим линии через концы отрезка, изображающего высоту стола, до пересечения с масштабной линией: таким образом, на масштабной линии получается масштаб (отрезок cd , равный 80 см), далее проводим такие же линии до пересечения с масштабной линией из главной точки через концы ящика: получаем на масштабной линии отрезок ab , величина ящика получается из соотношения отрезков cd и ab .

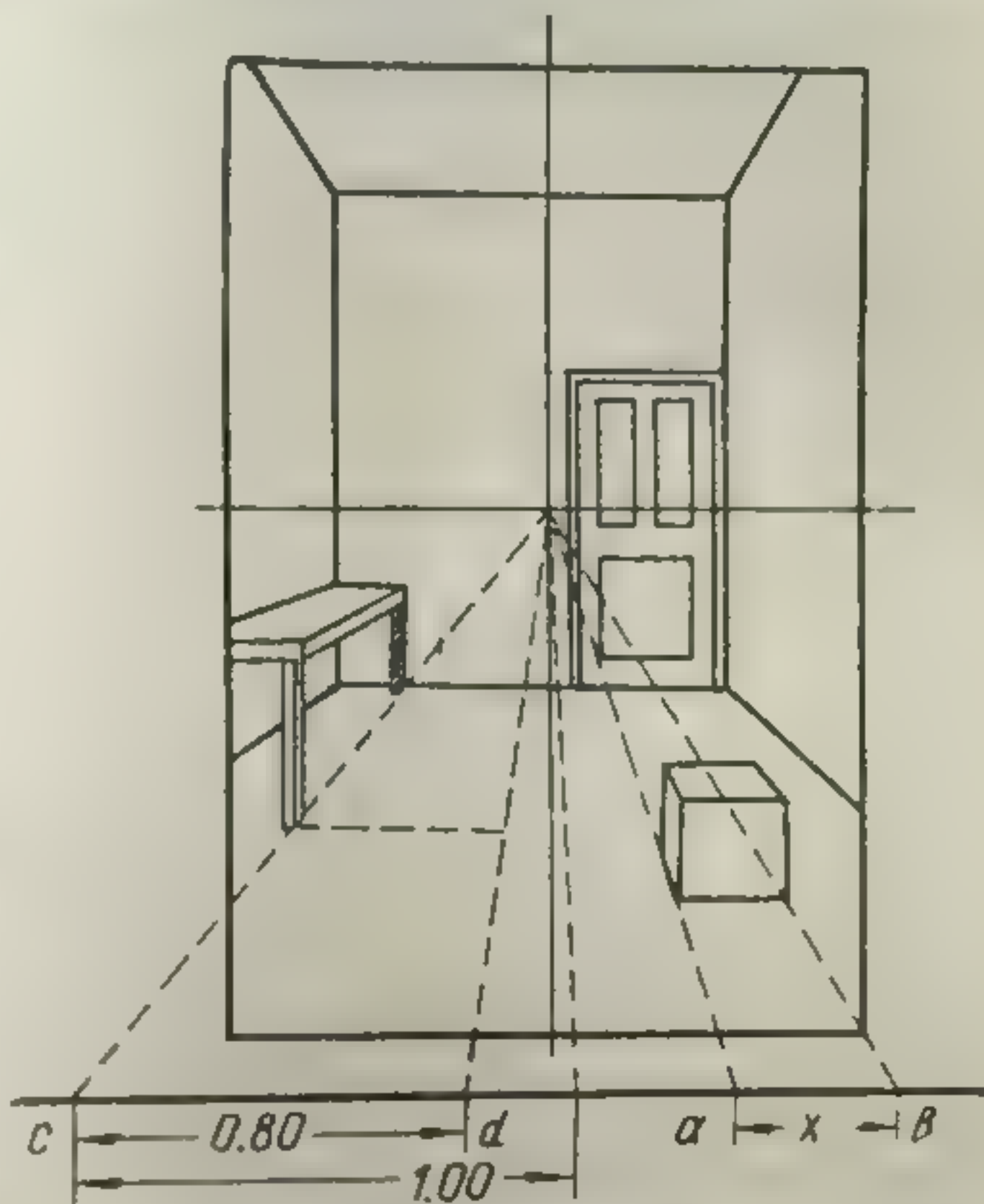


Рис. X—16. Определение размеров предметов по снимку

При внимательном рассмотрении снимков, в особенности внутренностей бытовых помещений, очень часто можно обнаружить предметы, имеющие определенную величину: стол, стул, спичечные коробки, бутылки, кирпичи и пр. В следующей таблице приведены размеры некоторых предметов, имеющих известную стандартную величину. Пользуясь указанными предметами и применяя описанные методы построения, можно определить размеры и иных предметов, изображенных на снимке.

Наименование предмета	Размеры в мм
Кирпич обычный строительный	250×120×65
Кафель печной	220×330
Стол высота	800
Сидение стула высота	500
Бутылка стандартная 0,5 л высота	245
Колея пароконного хода	1250
Колеса пароконного хода передние диаметр. . .	900
» » » задние диаметр.	1080
Колея ж. д. СССР широкая	1524
» » узкая	750
Коробка папирос Беломорканал	83×83×23
» » Казбек	120×100×23

Размеры автомобилей — габариты, размеры отдельных частей, базы и колеса могут быть получены в справочниках.

д. Приведем пример из экспертной практики.

Следователем был доставлен снимок грузового автомобиля с погруженным лесом (см. рис. X—17). Требовалось определить длину бревен, погруженных на эту машину. Для этой цели на снимке были разысканы две системы параллельных линий (радиатор и рама шасси, оси скатов и точки касания колес земли), найдены их точки схода O и O_1 и проведена линия горизонта. Далее из рассмотрения снимка была установлена марка машины; для этой марки машины расстояние между осями переднего и заднего мостов равно 3810 мм. Под снимком проведена масштабная линия. Оси скатов были спроектированы на землю; концы бревен также были спроектированы на землю и затем на линии, соединяющие

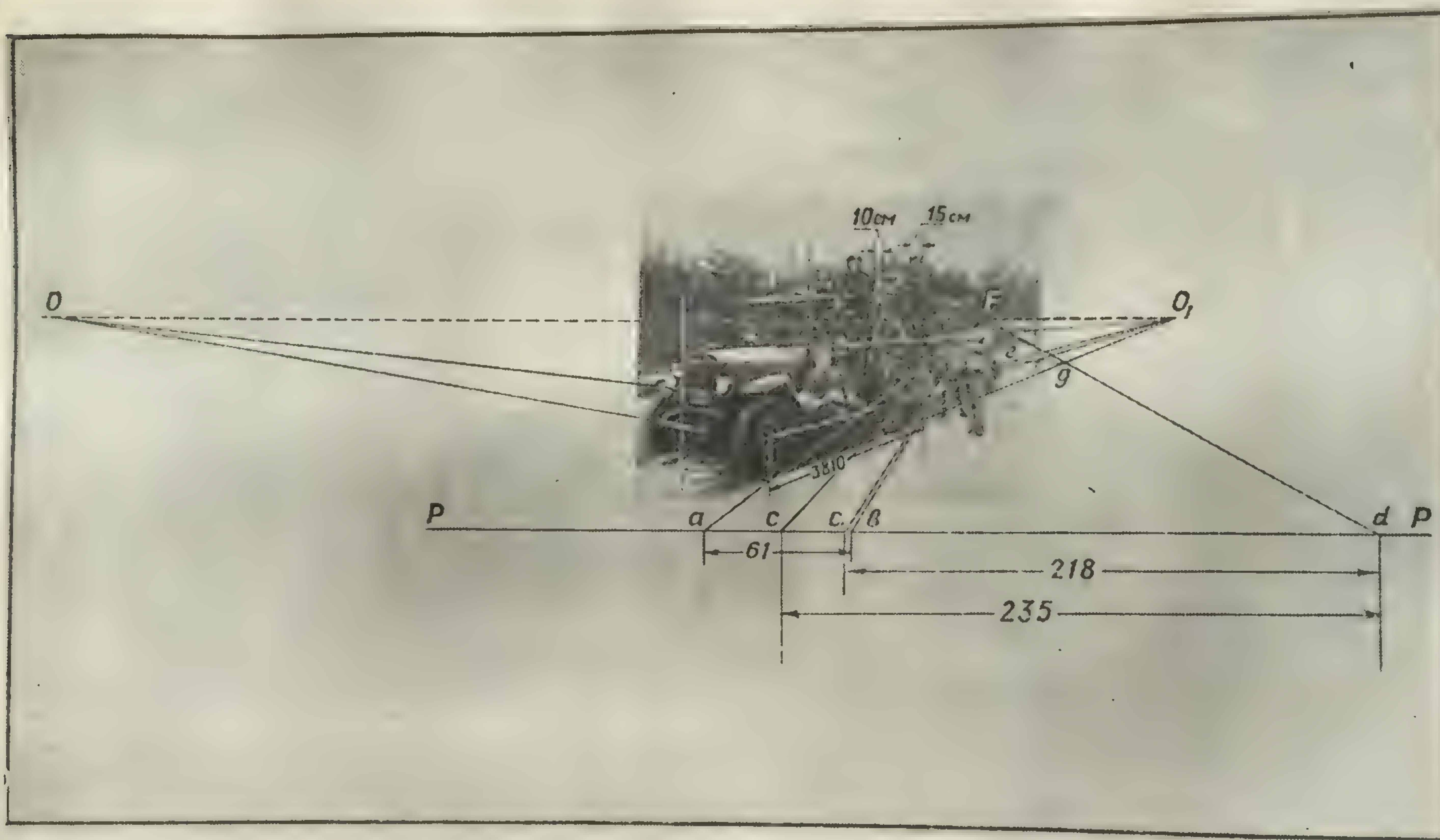


Рис. X—17. Снимок автомобиля

проекции осей скатов на землю и ее продолжение. Точка F , произвольно выбранная на линии горизонта, была соединена с масштабной линией через крайние точки проекций, расстояния между скатами и расстояния между крайними точками бревен. На масштабной линии получены отрезки ab и cd ; длина бревен определялась из соотношения

$$x = \frac{cd \times 3810}{ab}$$

и оказалась равной около 13,5 м.

Перспективные построения могут быть произведены различными методами, которые описываются в руководствах по перспективе и фотограмметрии. Здесь приведены простейшие приемы, охватывающие наиболее часто встречаемые в практике случаи и доступные широкому кругу экспертов-криминалистов. В более сложных случаях необходимо обращаться или к соответствующим руководствам, или к помощи специалистов.

ЛИТЕРАТУРА

Судово-метрична фотографія без спеціальних апаратів, «Криміналістика і науково-судова експертиза», вып. 1, Київ, 1938, стр. 19.

Метрична фотографія і її застосування при огляді місця заповнення злочину, «Питання кримінального процесу та техніки розслідування злочинів», Київ, 1936, стр. 154.

Б. Р. Киричинский, Краткое руководство по судебной и судебно-метрической фотографии, Киев, 1937.

Д. В. Разов, Построение перспектив в архитектуре, Госстройиздат, 1939.

Н. Рынин, Киноперспектива, Киноиздат, 1936.

Р. Ю. Тиле, Фототопография в современном развитии, СПб., 1907.

А. И. Антонов, Д. Е. Бунимович, Применение следственного чемодана, М., 1952.

Н. А. Селиванов, Судебно-оперативная фотография, М., 1955.

Sakonney, Restitutions photographiques. — Annuaire générale et intern. de la photographie, т. 17, 1908, стр. 379.

Глава XI

СТЕРЕОСКОПИЧЕСКАЯ ФОТОГРАФИЯ

§ 1. Стереоскопическое зрение

Предметы окружающего мира обычно рассматривают двумя глазами. Каждый глаз рассматривает предметы с иной точки, поэтому изображения, образующиеся в глазах, неодинаковы. Сливаясь в одно в нашем сознании, они дают впечатление объема.

Зрение двумя глазами (бинокулярное), при котором мы получаем представление о рельефе или объеме предметов, называется стереоскопическим.

Ощущение рельефа возникает в результате сложных психологических процессов.

1. Изображения в каждом глазе образуются по законам геометрической оптики. Если изображения какой-либо точки попадают на одно и то же место сетчатой оболочки обоих глаз, мы видим одну точку; если они попадают в различные места, такие изображения называются диспаратными.

При незначительной степени диспарации изображение не двоится, а возникает впечатление разного удаления точек, попадающих на одни и те же места сетчатки обоих глаз, и точек, дающих диспаратные изображения.

Этот фактор является основным при глубинном бинокулярном зрении. Кроме того, ощущение рельефа возникает и вследствие следующих причин.

2. Чем больше расстояние предмета, тем под меньшим углом пересекаются оптические оси глаз. Угол, образуемый осями глаз, называется углом конвергенции.

3. При рассматривании предметов, находящихся на различных расстояниях, изображение фокусируется на сетчатой оболочке глаза вследствие изменения радиуса кривизны поверхности хрусталика. Изменение рефракции глаза называется аккомодацией. При рассматривании нескольких предметов, находящихся на различных расстояниях, мы видим резким только тот предмет, на который аккомодирован глаз. Усилия, которые необходимо затратить на аккомодацию глаза, вызывают в нашем сознании представление об удаленности предмета.

Кроме этих основных факторов, для стереоскопического зрения имеют значение еще и следующие:

а) острота зрения, которая характеризуется минимальным расстоянием между предметами, которые еще можно различить;

б) масштабные ориентиры, по которым мы можем приблизительно и относительно оценивать размеры предметов;

в) распределение теней, которое усугубляет впечатление рельефа;

г) загораживание удаленных предметов более близкими;

д) воздушная дымка;

е) относительное движение предмета.

Вследствие действия этих факторов можно иногда получить ощущение объемности даже при рассматривании снимков, произведенных обычным аппаратом с одним объективом.

Различные люди обладают различной способностью к стереоскопическому восприятию рельефа; для того чтобы обнаружить малый рельеф, необходима некоторая тренировка глаза.

Человек с неодинаковыми глазами может получить впечатление рельефа от рассматривания стереопары в том случае, если его зрение скорректировано очками.

Для получения стереоскопических снимков обычно делают два снимка — один в положении аппарата для левого глаза и другой — в положении для правого глаза.

Геометрические условия производства стереоскопического снимка представлены на рис. XI—1. На этом рисунке обозначены: T и T_1 фотоснимки, произведенные при помощи объективов S и S_1 , расстояние между осями ко-

торых равно b . Расстояние между осями объективов называется базисом съемки. Если мы будем снимать бесконечно удаленную точку R , ее изображения будут r и r^1 , а расстояние rr^1 равно базису.

Точка A , расположенная на конечном отдалении от базиса, будет изображена точками a и a^1 . Если провести линию Sa'' , параллельную Sa^1 , то расстояние aa'' представляет собою изменение расстояния соответственных точек.

Увеличение расстояния соответственных точек при перемещении отдельной точки с бесконечности до конечного расстояния пропорционально базису и фокусному расстоянию объектива и обратно пропорционально расстоянию точки от базиса.

Угол SAS_1 носит название параллактического угла.

Рельеф воспринимается тогда, когда параллактический угол больше какого-либо определенного значения. Радиус стереоскопического зрения при базисе 6,5 см равен 500 м.

Преувеличенным рельефом называют рельеф, который получается в том случае, если расстояние между точками съемки или зрения больше, чем расстояние между глазами, как, например, в призматических биноклях. Преувеличенный рельеф применяют для съемки либо очень удаленных предметов, либо для очень мелких объектов.

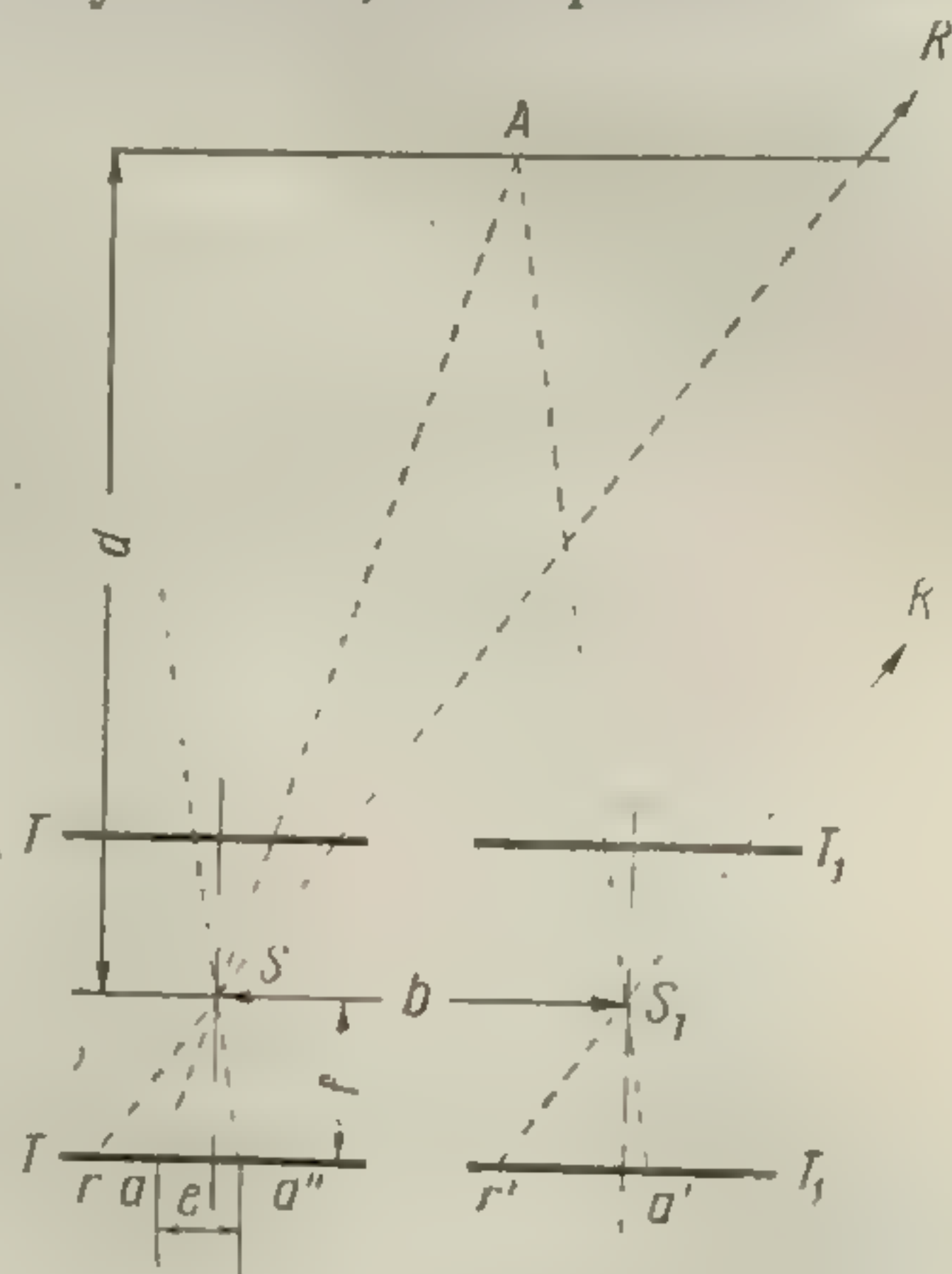


Рис. XI—1. Геометрические условия производства стереоскопического снимка

§ 2. Методы воспроизведения стереорельефа

Наиболее распространенным является рассмотрение стереоскопических снимков в специальных приборах — стереоскопах, в которых каждый глаз видит отдельное изображение. Стереоскопы применяются или зеркальные, или линзовые (см. рис. XI—2). Стереоскопы второго

типа имеют обычно призматические линзы; в некоторых конструкциях можно регулировать расстояние между осями линз.

При известном навыке можно рассматривать стереопары и без стереоскопа, разводя оси глаз. Этот способ облегчается, если между стереопарами поставить кусок картона, размещенный нормально к площади снимков.

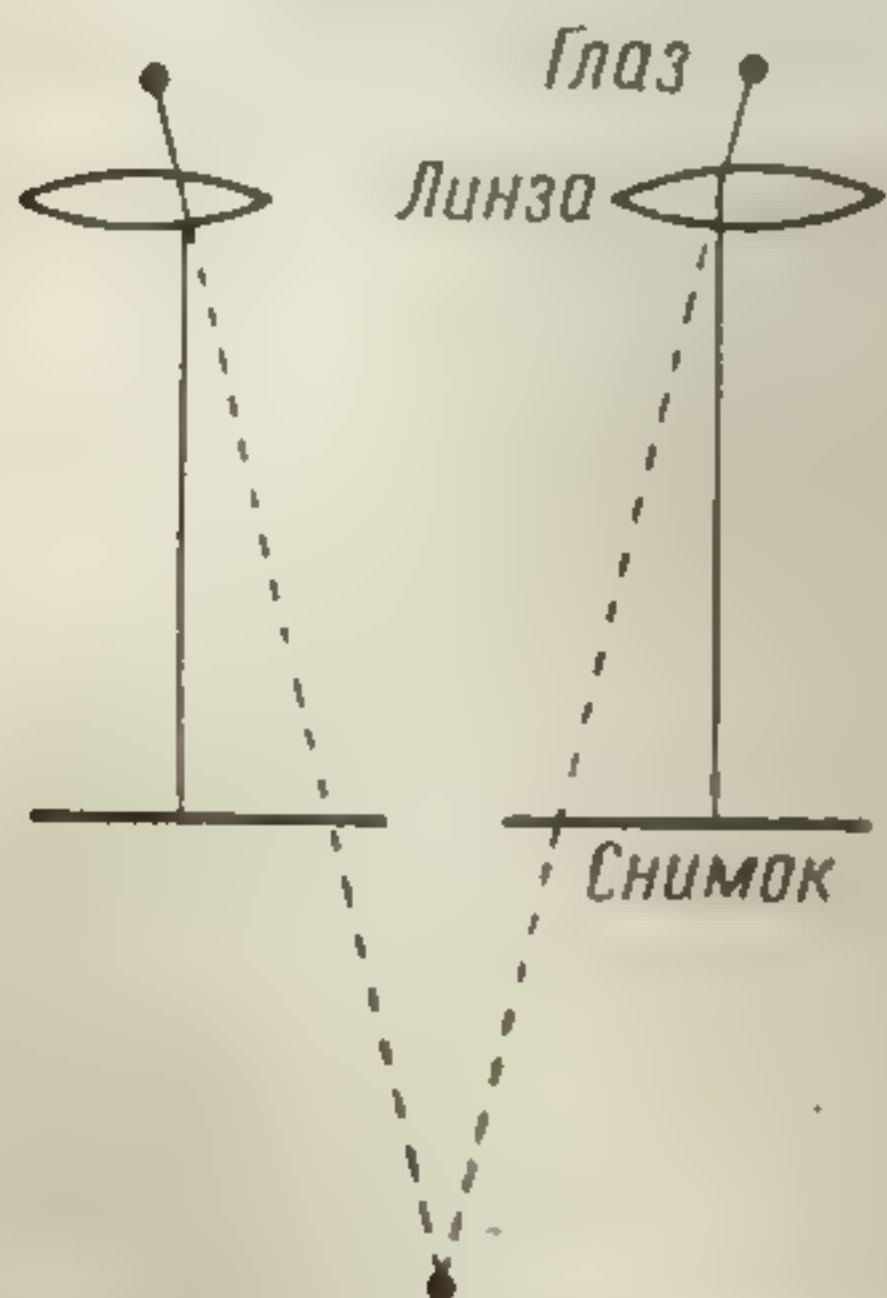


Рис. XI—2. Линзовый стереоскоп

Однако такое рассмотрение стереопар утомительно.

Суть второго способа рассмотрения стереопар, так называемых анаглифов, заключается в следующем.

Снимки стереопар вирируются в дополнительные друг к другу цвета и накладываются один на другой. Снимки рассматривают при помощи светофильтров, имеющих такую же окраску, как и снимки стереопары, вследствие чего каждый глаз видит только одно изображение. Например, изображение для левого глаза окрашивают в си-

не-зеленый цвет, а правого в красный: перед левым глазом помещают красный светофильтр. Левый глаз увидит черное изображение на красном фоне, правый глаз через зеленый светофильтр увидит также черное изображение на зеленом фоне: таким образом, в нашем сознании будут налагаться два черных изображения на фонах, которые имеют окраску в дополнительных тонах: смешиваясь между собою, эти тона будут давать какой-то промежуточный тон. Анаглифы имеют ограниченное применение.

Кроме того, существует еще несколько способов рассматривания стереопар, например, при помощи поляроидов и др. Некоторые из них, в частности растровые параллаксные изображения получили у нас широкое распространение для целей кинопроекции. Суть параллаксных способов заключается в следующем (см. рис. XI—3).

Представим себе, что перед светочувствительной пластинкой P поставлена решетка T из чередующихся прозрачных и непрозрачных полос. В точках O и O_1 находятся объективы. При определенном расстоянии решетки

от светочувствительного слоя полосы пластинки, обозначенные буквой «П», получают изображение от левого объектива и полосы «Л» получают изображение от правого объектива. Если полосы взять достаточно узкими (до 30—50 на 1 см) и если позитив, полученный путем обращения, поставить на место светочувствительного слоя и рассматривать его при положении глаз в точках

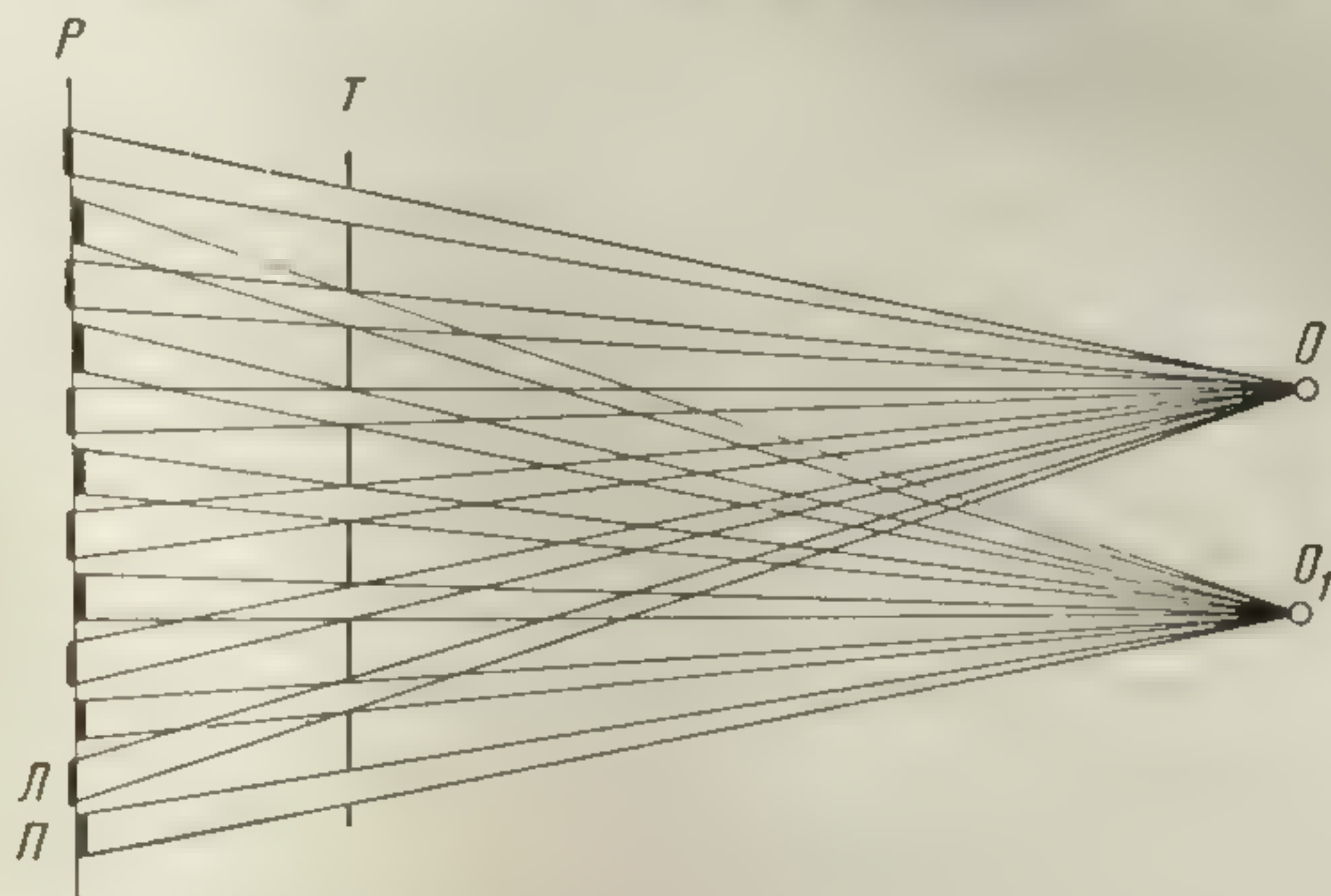


Рис. XI—3. Параллаксный способ

O и O_1 , мы увидим рельефное изображение, так как каждый глаз будет видеть только соответствующее этому глазу изображение.

Практически стереопары снимаются обычными методами, а затем проектируются с двух точек на специальный экран с решеткой или печатаются на светочувствительный слой с помещенной перед ним решеткой, причем для печати объектив проекционного устройства ставится в положения O и O_1 .

§ 3. Условия правильного воспроизведения объекта в стереоскопическом изображении

При известных условиях мы можем получить стереоснимок, который при соответствующем его рассмотрении будет давать впечатление, подобное впечатлению от объекта; однако не для всех частей объекта впечатление будет одинаковым: подобие рельефа объекта и изображения будет соблюдаться только для предметов, находящихся в пределах некоторого сравнительно

небольшого расстояния: для более близких предметов рельеф будет преувеличенным, а для удаленных предметов — ослабленным.

Условие, необходимое для того, чтобы изображение казалось идентичным с объектом, заключается в том, что каждое из изображений должно рассматриваться с расстояния, одинакового с сопряженным фокусным расстоянием объектива при съемке или чтобы окуляр стереоскопа имел фокусное расстояние, равное сопряженному фокусному расстоянию при съемке.

При съемке отдаленных объектов сопряженное фокусное расстояние очень мало отличается от фокусного расстояния взятых при съемке объективов. Указанное условие будет соблюдено, если окуляры стереоскопа будут иметь фокусное расстояние, равное фокусному расстоянию объективов фотографического аппарата. В том случае, если окуляры стереоскопов имеют значительно большее фокусное расстояние, чем фокусное расстояние объемочных объективов, происходит преувеличение рельефа передних планов и тем самым искажение представления об объекте.

Для воспроизведения рельефа в стереоскопическом изображении большое значение имеет правильный выбор базиса съемки. При стереоскопической съемке необходимо различать два основных случая:

1. Необходимо дать представление о рельефе неглубокого объекта, но расположенного на значительном расстоянии от глаза, перед которым нет иных объектов, размещенных на промежуточных расстояниях; в виде такого примера можно привести стереосъемку при аэрофотографии и до известной степени микростереосъемку.

2. На снимке необходимо дать представление об объектах, расположенных на самых различных расстояниях от объектива. Таким объектом съемки, например, является место происхождения при фотографировании в горизонтальном направлении.

Если приходится фотографировать объекты с большой глубиной, то, как показывает практика, ощущение рельефности возрастает по мере увеличения базиса съемки; однако при слишком большом увеличении базиса становится весьма затруднительным совмещение передних планов объекта. Если базис увеличить еще больше, то изображения не будут сливаться в одно, так как зри-

тель все свое внимание будет концентрировать на несовпадающих передних планах. Таким образом, при определении допустимой величины базиса необходимо обратить внимание на расстояние заднего и переднего планов от аппарата. При одном и том же отдалении заднего плана базис можно выбирать тем большим и тем большую рельефность придавать задним планам, чем большим будет удаление передних планов.

Кроме того, большое значение имеет выбор точки, с которой производится фотографирование.

Если съемка производится сверху вниз, с наклоном аппарата, то отдельные части объекта размещаются на возрастающих расстояниях от нижнего края снимка до горизонта и перед задними планами не будут выступать объекты передних планов. Поэтому при рассматривании стереоскопических снимков глаза могут постепенно рассматривать разные планы объекта; при этом допускается довольно большое изменение расстояния между точками съемки.

Если же фотографирование производится в горизонтальном направлении, то объекты переднего плана налагаются на объекты заднего плана и при этом величина допустимого базиса съемки будет меньшей.

Практика показывает, что на стереопаре, изображающей вид сверху, расстояние между соответственными точками стереопар может быть в 5 раз большим, чем при съемке на уровне Земли.

Между величиной базиса B и расстоянием передней границы снимаемого объекта L может быть принята зависимость

$$B = \frac{L}{60} \quad \text{или} \quad L = 60B,$$

т. е. расстояние до объекта должно быть не менее 60 B .

При съемке малых объектов (макросъемка) можно принять следующие формулы:

Для масштаба изображения, равного единице или большего

$$b = \frac{d}{4}.$$

Для масштаба изображения, меньшего единицы,

$$b = \frac{M \cdot d}{4},$$

где b — базис съемки, d — расстояние от объектива камеры до объекта и M — масштаб изображения.

При масштабе увеличения $M = 1$, расстояние между объективами может равняться расстоянию между глазами; однако в этом случае стереопара должна рассматриваться в стереоскопе, фокусное расстояние окуляров которого равно 25 см — расстоянию наилучшего зрения. Обыкновенный стереоскопический аппарат в данном случае применить было бы невозможно, так как в нем в каждом изображении была бы зафиксирована только половина объекта.

Поэтому при стереоскопической фотографии мелких объектов в натуральную величину с незначительной глубиной иногда приходится уменьшать базис за счет некоторого ущерба для представления об объекте или сближать оси.

Общее правило легко применить и в случае фотографирования объектов в очень увеличенном виде. Например, если необходимо получить изображение объекта с очень небольшой глубиной, увеличенное в 10 раз, можно точки съемки разместить на $\frac{1}{10}$ среднего расстояния между глазами, т. е. 6,5 мм. В этом случае, само собою разумеется необходимо или двигать аппарат, или двигать объект.

При различного рода съемках необходимо иногда получить преувеличенное ощущение рельефа. В основном это касается мелких следов или штрихов на бумаге. В этом случае базис съемки может быть увеличен; однако если в объекте находятся какие-либо детали на переднем плане, то при слишком большом увеличении базиса могут создаться затруднения для рассматривания объекта.

§ 4. Практика стереоскопической съемки

Для стереоскопической фотографии возможно применение специальных стереоскопических аппаратов, состоящих из двух спаренных аппаратов, в которых на одной пластинке получают оба изображения — для правого и левого глаза. Расстояние между оптическими осями в таких аппаратах равно среднему расстоянию

между центрами глаз 63—65 мм. Возможно также применение спаренных узкоплечных аппаратов.

При стереосъемке можно пользоваться одним аппаратом, делая два снимка, причем второй снимок производится с передвижением аппарата на 65 мм в сторону.

Для передвижения аппарата применяют, в частности, в случае съемки малоформатными камерами ФЭД, Киев и пр. специальные планки, навинчивающиеся на штатив и дающие возможность произвести два снимка, не меняя положения штатива. При съемке с рук возможно произвести два таких снимка, сдвигая аппарат в сторону после первого снимка на 6—7 см.

На планках находятся деления, по которым сдвигается аппарат.

Для стереосъемки малоформатными камерами может быть применена стереонасадка, позволяющая в одном кадре получить два изображения — для правого и левого глаза.

В том случае, если съемка производится в стереоскопической камере и два изображения образуются на одной пластинке, необходимо, чтобы изображение для левого глаза рассматривалось левым глазом и изображение для правого глаза — правым глазом.

Поэтому негатив должен быть разрезан, и каждое из изображений повернуто на 180° ; если их напечатать в таком виде, то при рассматривании в стереоскопе будет получаться правильное впечатление рельефа. Практически поступают следующим образом: либо разрезают отпечаток и перемещают изображения, либо, если необходимо отпечатать диапозитив для рассматривания напросвет, печатают каждое изображение в отдельности.

На правой половине пластинки печатают правое изображение, которое на негативе находится слева, а на левой половине пластинки печатают левое изображение, которое находится справа.

Если правое изображение рассматривать левым глазом, а левое изображение — правым, то в результате такого рассмотрения будет наблюдаться псевдостереоскопический эффект, заключающийся в том, что дальние предметы будут казаться расположенными ближе, чем лежащие ближе к объективу. Этот эффект может быть использован в криминалистике для того, чтобы по

отпечатку получить представление о следообразующем объекте.

Разработаны также аппараты (НИКФИ), позволяющие непосредственно получить стереопару, для рассматривания которой нет необходимости менять места снимки.

При съемке небольших объектов на близком расстоянии и при микросъемке можно пользоваться различными методами:

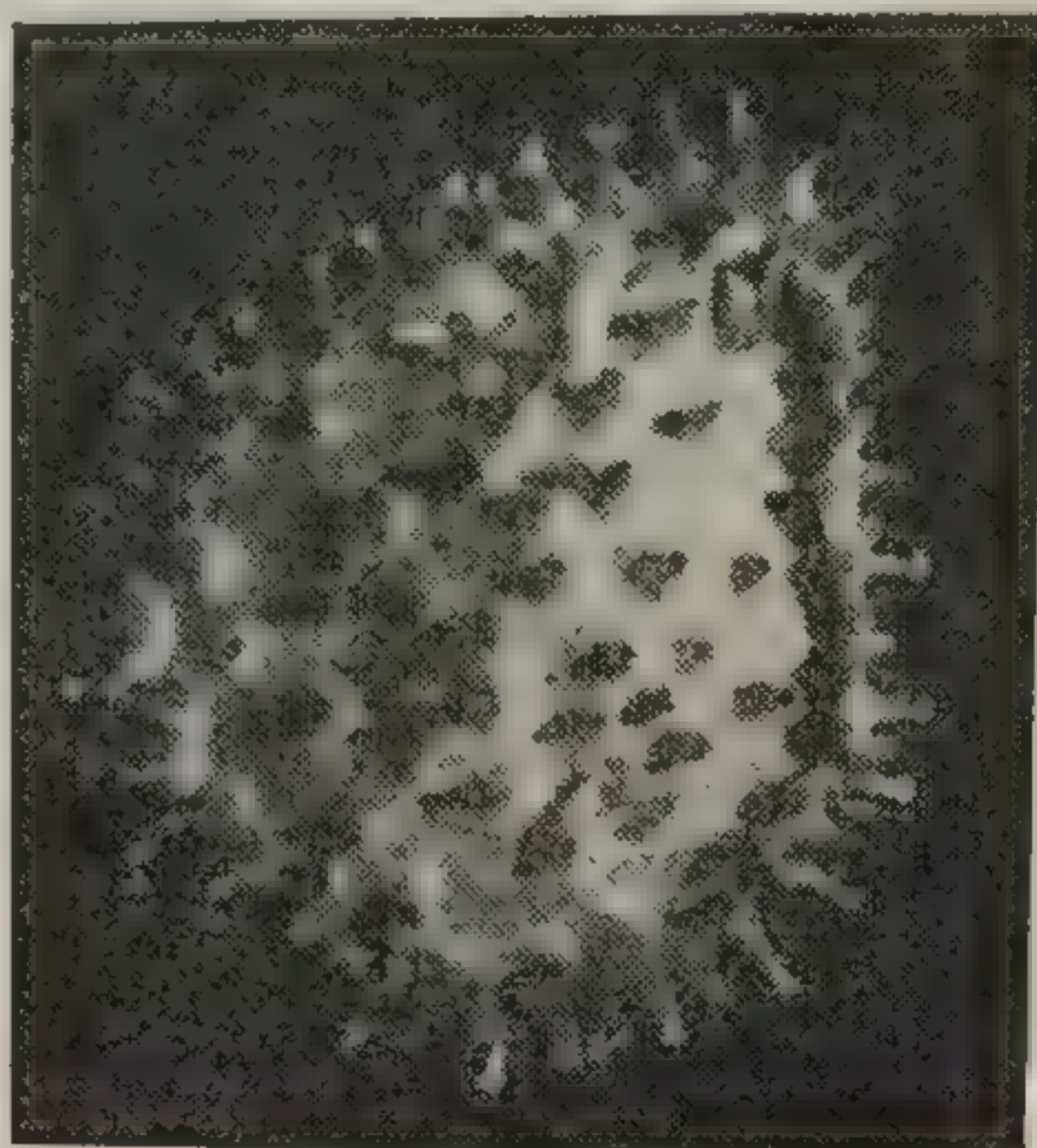
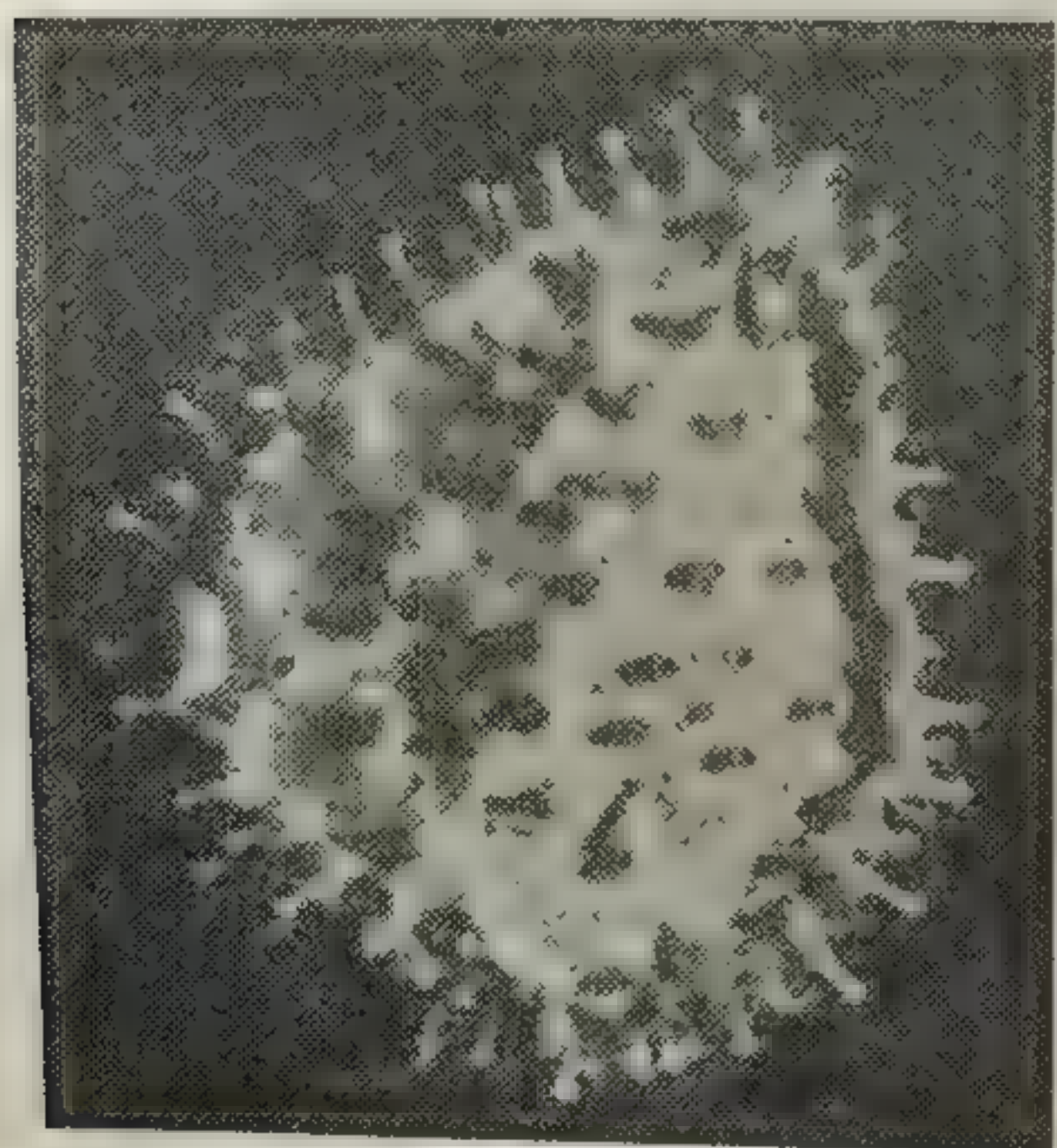


Рис. XI—4. Стереоснимок вещественного доказательства

1. Сдвигать аппарат на необходимое расстояние. Однако при съемке близко лежащих предметов оказывается, что снимаемые объекты выходят из поля зрения аппарата. Если требуется съемка с увеличенным базисом, приходится прибегать к иному методу, а именно:

2. Изменение наклона аппарата с одновременным его сдвигом.

3. Возможно также изменение наклона столика, на котором находится предмет. В этом случае необходимо изменять соответственно и положение источника света, чтобы освещение при обоих снимках было одинаковым.

Расчет необходимого сдвига производится на основании вышеуказанных формул (приспособления для микростереосъемки описаны в главе XII).

При подготовке позитивов стереопар большое значение имеет правильное кадрирование изображений. Оба изображения — правое и левое, должны быть одинаково кадрированы.

Диапозитивы, рассматриваемые напросвет, дают значительно большее впечатление рельефа, чем позитивы на непрозрачной подложке. Непременным условием для диапозитивов и для непрозрачных стереоскопических изображений является их одинаковая плотность. Лучше всего экспонировать или хотя бы проявлять оба изображения одновременно.

Большое значение имеет также максимальная резкость изображения; следует избегать преувеличения контрастов.

На рис. XI—4 представлен стереоснимок вещественного доказательства.

§ 5. Применение стереофотографии в криминалистической экспертизе

При криминалистической экспертизе для суждения о тождестве объектов (орудий взлома, обуви, оружия) используются следы отображения, оставляемые ими на различных предметах и в большинстве случаев являющиеся объемными. Поэтому при воспроизведении следов с целью сравнения необходимо получить правильное представление о рельефе поверхности.

Обычные снимки, произведенные с боковым освещением, дают впечатление рельефа вследствие теней от неровностей, однако это впечатление может быть иногда обманчивым. Оптико-геометрические иллюзии затрудняют суждение о том, где находится углубление и где — возвышение.

На рис. XI—5 приведены два одинаковых фотоснимка одной и той же поверхности; второй снимок повернут на 180°. При рассмотрении этих снимков кажется, что поверхность, представленная на первом снимке, состоит из углублений; рассматривая второй снимок, мы видим возвышения.

Подобные иллюзии возникают вследствие того, что наиболее привычным для нашего глаза является освещение слева или сверху; поэтому и тени на снимке расцениваются соответствующим образом.

Отсюда возникает важное условие для фотографирования и монтажа фотоснимков, которое часто нарушается. Помимо того, что свет должен падать на оба

сравниваемые объекты с одной и той же стороны, снимки должны монтироваться на таблицах так, чтобы источник света при съемке был расположен слева или сверху. Только при этом условии от снимка, произведенного одним аппаратом, можно ожидать правильное представление о рельефе.

Вследствие оптико-геометрических иллюзий особую важность приобретает стереофотография, которая позволяет получить правильное представление о рельефе поверхности.

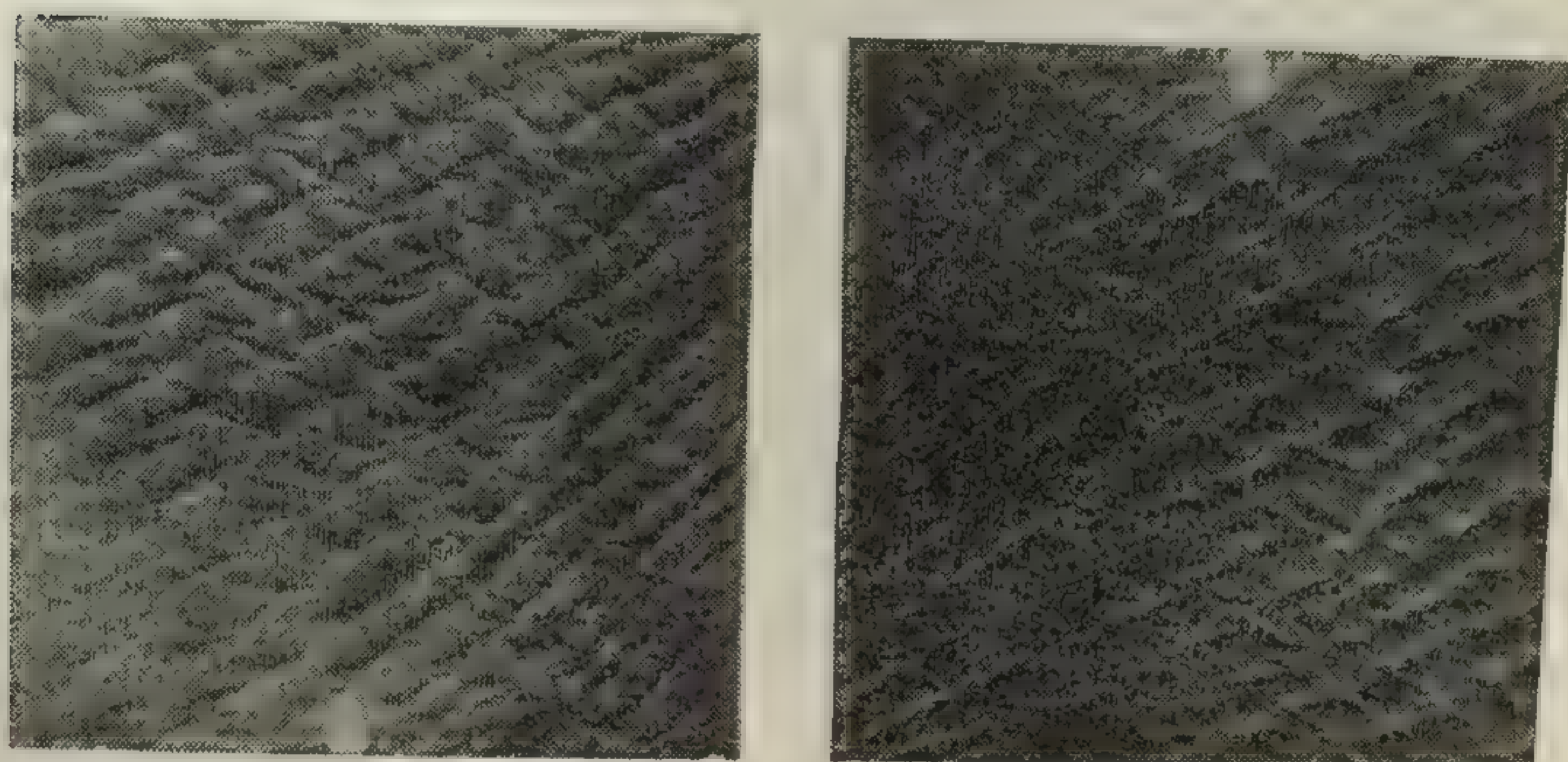


Рис. XI—5. Оптико-геометрические иллюзии

Стереофотография в криминалистической экспертизе применяется для следующих целей:

1. При съемке отдельных следов для исследования рельефа. Такими следами могут быть следы орудий взлома, следы от оружия на боеприпасах, в особенности, на гильзах, следы обуви и транспортных средств.

2. Для съемки следов с целью получения изображения рельефа следообразующего объекта. В этом случае используется псевдостереоскопический рельеф; возможно, например, по следу от бойка на гильзе составить представление о поверхности бойка и сопоставить его с бойком оружия.

3. Наблюдение в стереоскопе можно использовать для сравнения двух объектов. При наложении двух изображений легко обнаружить или их совпадение, или различие.

4. Стереοфотография применяется в криминалистике для измерительных целей. Обработывая снимки на стереοкомпараторе, определяют удаление предметов от аппарата и производят построение плана местности. Этот метод также возможно применить и для исследования следов микроскопического размера. Построив горизонталь, т. е. линии, соединяющие места с равной высотой, можно составить представление о профиле поверхности.

В настоящее время разработан специальный комплект стереοфотоаппаратуры для съемки места происшествия, съемки вещественных доказательств и микро-съемки.

В этом комплекте аппаратуры предусмотрено создание малогабаритного стереοкомпаратора для обработки снимков места происшествия.

ЛИТЕРАТУРА

С. П. Иванов, О цветной и стереоскопической фотографии, М., 1951.

Б. Т. Иванов, А. Л. Левингтон, Стереоскопическая фотография, М., 1959.

Е. Г. Шаер, «Журнал научной и прикладной фотографии и кинематографии», т. II, 1957, стр. 53.

А. Н. Шацкая, Н. А. Овсянникова, «Журнал научной и прикладной фотографии и кинематографии», т. 2, 1957, стр. 304.

В. Питч, Стереоскопическая съемка с близкого расстояния, сб. «Техника фотосъемки», М., 1958, стр. 60.

Л. К. Литвиненко, Следы отображения. Механизм их образования и исследование (диссертация), Киев, 1958.

Denks H. Deutsche Z. ges. ger. Med. т. 36, № 4, стр. 193, 1942.

Глава XII

МИКРОСКОПИЯ И МИКРОФОТОГРАФИЯ

I. МИКРОСКОПИЯ

§ 1. Микроскопия как метод исследования вещественных доказательств

Микроскопия позволяет получать детали, лежащие за пределами остроты человеческого зрения, поэтому она широко применяется при исследовании вещественных доказательств.

Микроскопическая техника дает возможность измерения микроскопических объектов и позволяет производить сравнительные исследования двух объектов одновременно.

§ 2. Приборы для микроскопического исследования вещественных доказательств

Наблюдатель со средней остротой зрения при рассматривании предмета невооруженным глазом с расстояния наилучшего зрения (250 мм) может различать детали размером не менее 0,09—0,1 мм, что соответствует углу зрения в одну минуту.

Наименьшее расстояние между двумя точками, при котором оптическая система (в том числе и глаз) образует раздельное изображение, называется разрешаемым расстоянием.

Чтобы глаз человека мог видеть более мелкие объекты, требуются средства, увеличивающие угол зрения

и создающие на сетчатке глаза достаточно большое их изображение.

Таковыми оптическими приборами являются лупа и микроскоп.

Лупы состоят из одной или нескольких линз, образующих собирательную оптическую систему. Лупы имеют фокусное расстояние от 10 до 100 мм и увеличение до 20—40 раз. Для получения увеличенного изображения рассматриваемый предмет помещается на расстоянии,

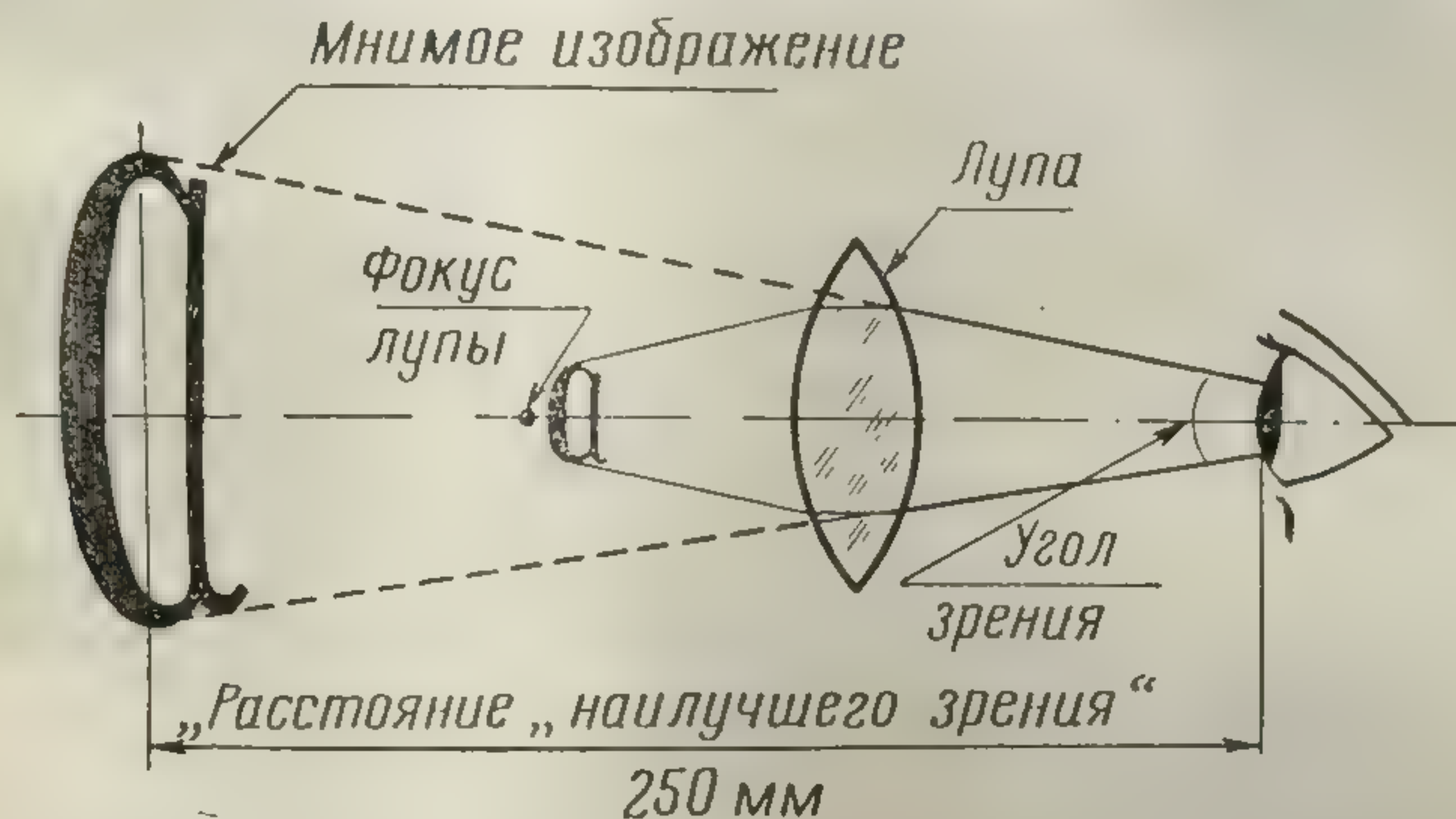


Рис. XII—1. Наблюдение объекта посредством лупы

немного меньшем главного фокусного расстояния лупы. Наблюдатель при этом видит мнимое, прямое, увеличенное изображение предмета на расстоянии наилучшего зрения — 250 мм (рис. XII—1).

Увеличение лупы определяется по формуле: $N = \frac{D}{f}$, где D — расстояние наилучшего зрения, а f — главное фокусное расстояние лупы. Чем короче фокусное расстояние лупы, тем больше увеличение.

Для получения больших увеличений применяют микроскоп, состоящий из двух оптических систем — объектива и окуляра.

На рис. XII—2 схематически представлен ход лучей в сложном микроскопе. Объект $A—B$ находится между главным и двойным фокусным расстоянием объектива¹. Исходящие от объекта $A—B$ лучи света собираются

¹ Расстояние от фронтальной линзы объектива микроскопа до объекта называется «рабочим расстоянием».

объективом (линзы 1, 2). Пройдя объектив, лучи света попадают на первую линзу окуляра 3 и образуют обратное, увеличенное, действительное изображение объекта $B' - A'$.

Изображение $B' - A'$ рассматривается через главную линзу окуляра 4, которая играет здесь роль лупы. Лучи

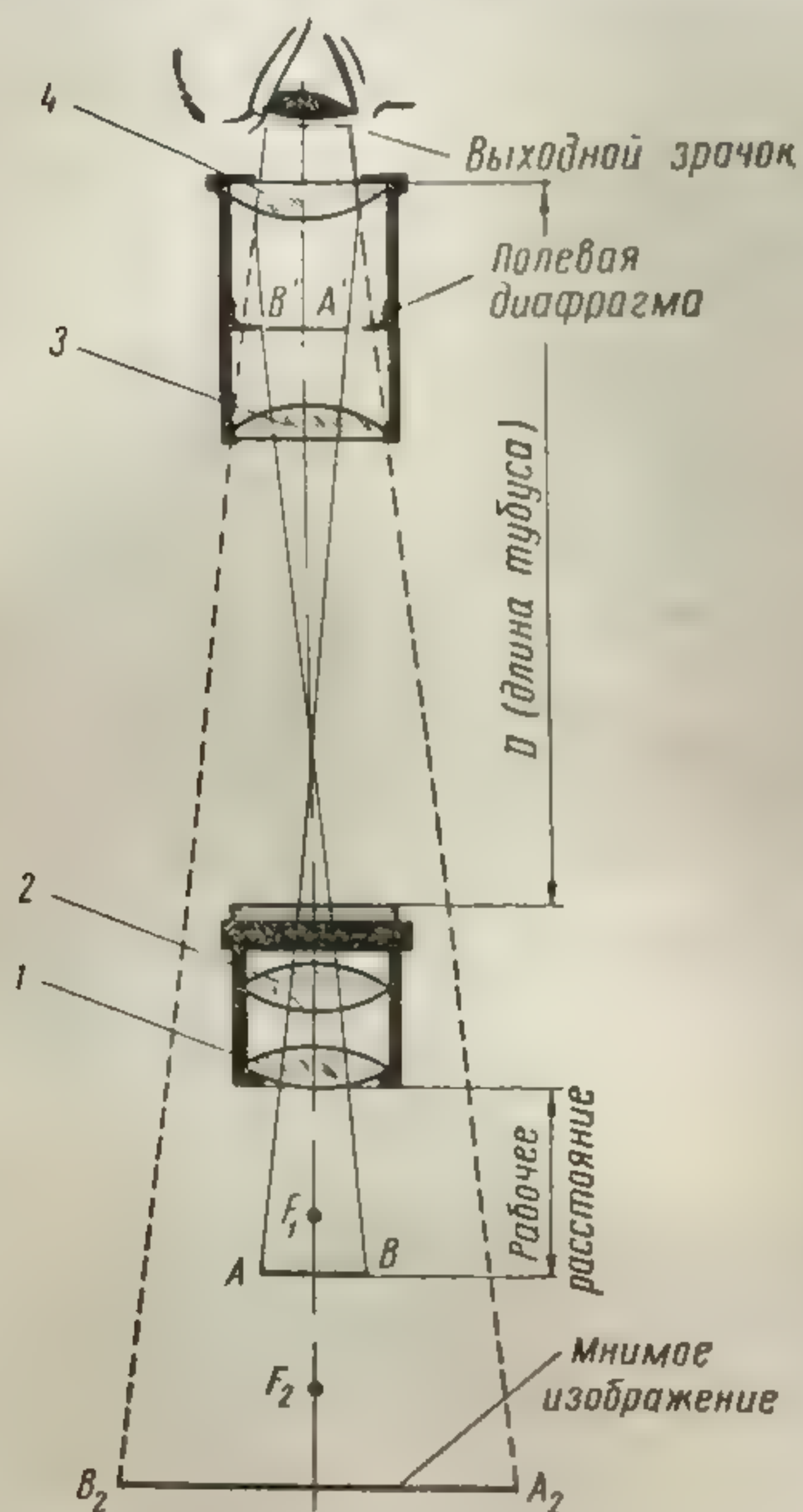


Рис. XII—2. Оптическая схема микроскопа

Объективы микроскопа корректируются на определенную длину тубуса (например, для большинства биологических микроскопов длина тубуса — 160 мм); изменение этого расстояния может вызвать значительное ухудшение изображения.

Поле зрения — это освещенный круг, наблюдаемый в окуляре, границы которого определяют видимую часть предметного пространства. Чем больше собственное увеличение имеет объектив микроскопа, тем меньше его поле зрения.

света, пройдя глазную линзу окуляра 4, входят в глаз в виде параллельного или почти параллельного пучка. Они создают на сетчатке глаза действительное так называемое ретинальное изображение. Продолжение лучей, образующих ретинальное изображение, в направлении рассматриваемого объекта, образует мнимое изображение объекта. Таким образом, глаз наблюдателя является частью оптической системы микроскопа, образуя с ним единое целое.

Окуляр микроскопа лишь увеличивает изображение, образуемое объективом, и никаких новых деталей объекта дать не может.

Расстояние между поверхностью глазной линзы окуляра и резьбой объектива называется длиной тубуса микроскопа (см. рис. XII—2).

При одном и том же объективе применение окуляра с большим увеличением влечет за собой уменьшение поля зрения микроскопа.

Выходной зрачок микроскопа представляет собой изображение оправы объектива микроскопа, построенное окуляром (см. рис. XII—2).

При правильном наблюдении в микроскоп зрачок глаза должен совпадать с выходным зрачком. В этом случае все лучи, выходящие из окуляра, входят в глаз наблюдателя.

§ 3. Микроскоп как оптический прибор

Разрешающая способность характеризуется наименьшим расстоянием между двумя точками, при котором изображение этих точек еще строится в микроскопе раздельно.

Разрешающая способность микроскопа фактически определяется разрешающей способностью объектива, завися, кроме того, от длины волны света, применяемого для освещения объекта. Чем меньше длина волны света, тем больше разрешающая способность.

Основной характеристикой объектива, от которой зависит его разрешающая способность, является числовая апертура (или просто апертура).

Числовой апертурой характеризуется способность объектива микроскопа собирать то или иное количество лучей от точек объекта. На рис. XII—3 изображены схематически передняя (фронтальная) линза объектива и объект исследования в точке O . Угол AOB , образованный крайними лучами, которые еще могут быть преломлены линзой объектива и участвовать в образовании изображения, называется отверстием углом.

Апертуру объектива микроскопа характеризует произведение $n \cdot \sin \varphi$, где n — показатель преломления среды между объектом и фронтальной линзой объектива, φ половина отверстием угла: $\angle AOB = 2\varphi$.

Чем больше отверстием угол и показатель преломления среды между объектом и линзой объектива, тем

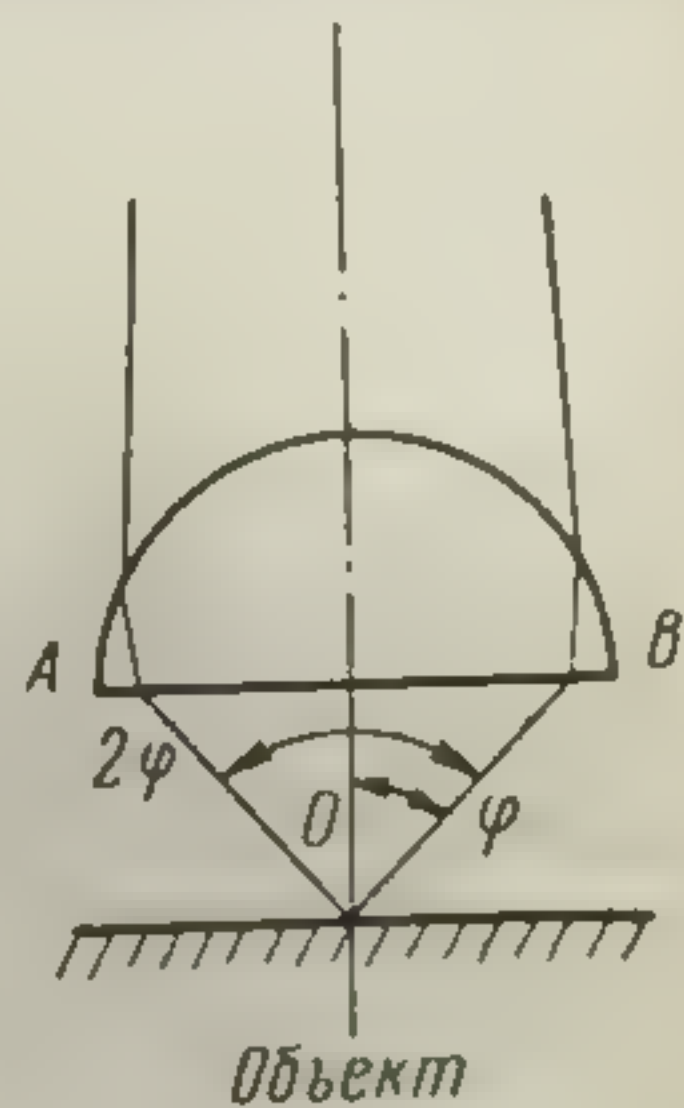


Рис. XII—3. Отверстный угол объектива

больше апертура этого объектива. Объективы с большей апертурой имеют большую разрешающую способность, нежели объективы с меньшей апертурой.

Объективы, требующие помещения между предметом и фронтальной линзой какого-либо вещества с показателем преломления большим, чем у воздуха (вода, кедровое масло и т. п.), называются иммерсионными. Объективы, работающие без иммерсии, называются сухими. Практически максимальной величиной апертуры для сухих объективов является число 0,95, для иммерсионных — 1,4—1,6.

Апертура объектива определяет также глубину резкости, т. е. расстояние между точками объекта в глубину (вдоль оптической оси), при котором их изображение еще кажется резким.

Глубина резкости находится в обратной зависимости от апертуры: чем больше апертура объектива, тем меньше глубина резкости.

Линейное увеличение оптической системы характеризуется отношением линейного размера изображения к линейному размеру самого объекта.

Увеличение, даваемое микроскопом, определяется увеличением как объектива, так и окуляра и выражается произведением увеличения, даваемого объективом, на увеличение, даваемое окуляром.

Выбор рабочего (оптимального) увеличения имеет первостепенное значение в практике микроскопических исследований. Увеличение, сопровождаемое повышением разрешающей способности, связано с применением объективов с большей апертурой. Применение же объектива с большей апертурой влечет за собой уменьшение поля зрения и глубины резкости, что часто является нежелательным исходя из цели исследования и характера исследуемого объекта.

При выборе оптимального увеличения необходимо учитывать как разрешающую способность, так и размеры поля зрения, глубину резкости и т. д.

Если изображение деталей объекта, построенное объективом, рассматривать с помощью окуляра, который увеличивает угол зрения более одной минуты, то детали объекта будут наблюдаться исследователем. Применением окуляров с большим увеличением можно достичь такого положения, когда увеличение не будет вы-

зывать появления новых, разрешенных объективом, деталей объекта.

Последующее увеличение ухудшит качество изображения — делает его «размытым».

Увеличение без разрешения новых деталей называется «пустым увеличением».

Оптимальное увеличение при микроскопическом исследовании должно, во-первых, обеспечивать разрешение исследуемого объекта при необходимых величинах поля зрения, глубины резкости и т. п., во-вторых, изображение исследуемого объекта должно быть свободно от «ухудшений пустого увеличения».

§ 4. Механическая и оптическая части микроскопа

На рис. XII—4 показаны основные части микроскопа. Большинство микроскопов имеют макрометрический механизм для предварительной грубой установки микроскопа на резкость, и микрометрический — для тонкой и точной фокусировки. По окружности барабана микрометрического механизма расположена отсчетная шкала, которая показывает, на сколько микрон передвигается тубус микроскопа при повороте микрометрического винта.

Объектив состоит из ряда линз, заключенных в металлическую оправу.

Характеристика объективов, выпускаемых отечественной промышленностью, обычно обозначается индексом, состоящим из целого числа и десятичной дроби, наносимым на оправу объектива, например, $8 \times 0,20$. Целое число обозначает увеличение (8-кратное), десятичная дробь указывает числовую апертуру — 0,20.

Слабые объективы имеют апертуру от 0,02 до 0,25, увеличение от $1\times$ до $10\times$, средние — апертуру 0,30—0,65,

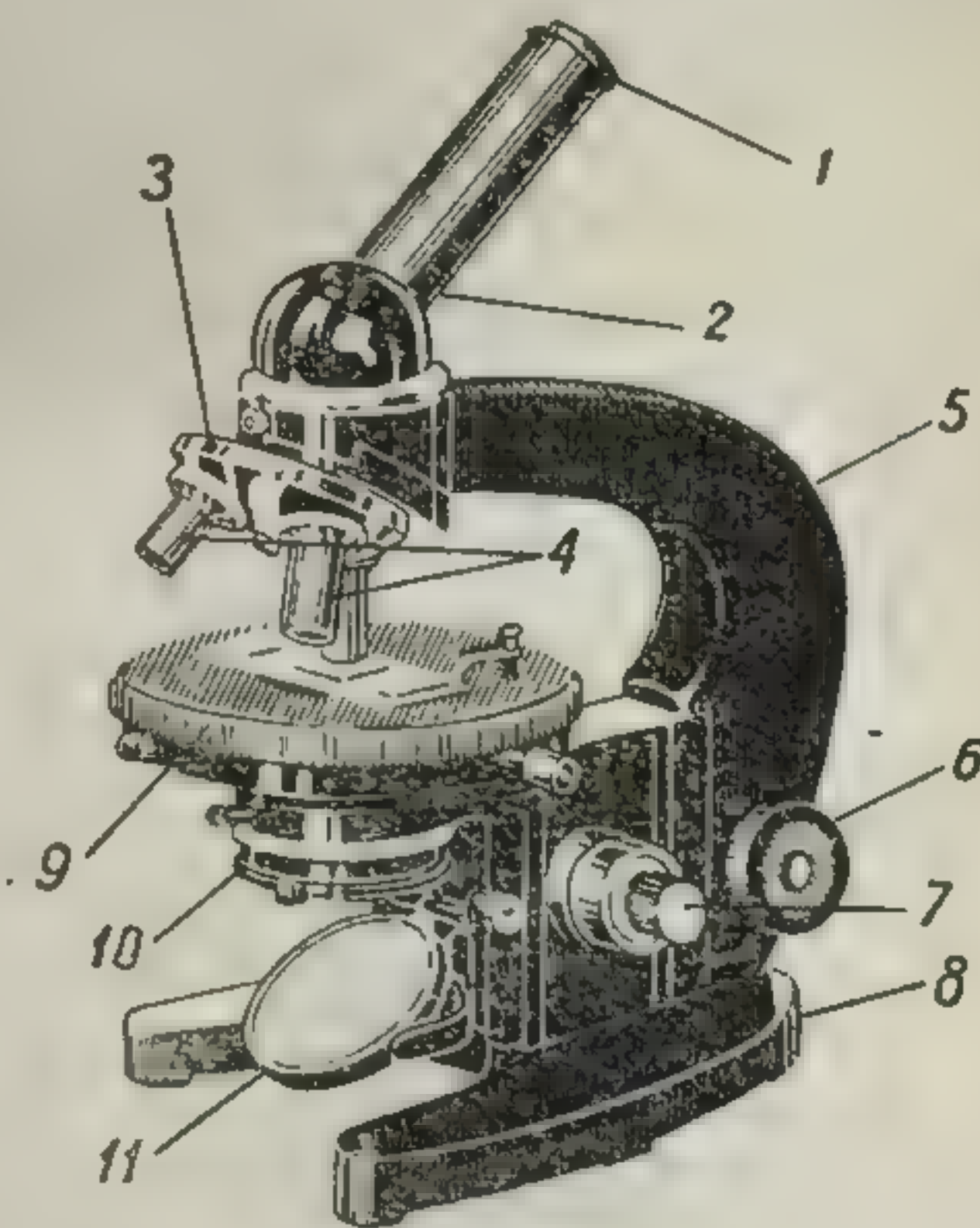


Рис. XII—4. Основные части микроскопа

увеличение — $10\times$ — $40\times$, сильные — апертуру 0,70—1,60, увеличение $40\times$ — $120\times$.

По исправленности aberrаций объективы разделяются на следующие группы: ахроматы (сферическая aberrация исправлена для широкого пучка лучей, хроматическая aberrация устранена только для двух основных цветов — красного и синего), апохроматы (хроматическая aberrация исправлена для трех основных цветов), планахроматы (хорошо исправлена кривизна поля, дают плоское изображение).

Сильные объективы являются преимущественно апохроматами.

Зеркально-линзовые объективы предназначены для исследований в ультрафиолетовой и инфракрасной области спектра, кроме того, эти объективы могут иметь увеличенное рабочее расстояние (рис. XVII—8).

Преимущество зеркально-линзовых объективов состоит в том, что они поглощают меньше света, чем линзовые объективы, кроме того, они свободны от хроматической aberrации.

Окуляр представляет собой металлическую трубку, в которой помещены плоско-выпуклые линзы. Между двумя этими линзами (в окуляре Гюйгенса) расположена диафрагма (полевая диафрагма). Увеличение окуляра обозначается на оправе глазной линзы. Отечественной промышленностью выпускаются окуляры с увеличением от $3\times$ до $50\times$. Основные типы окуляров следующие: отрицательные (Гюйгенса), положительные (Рамсдена), усиливающие (гомали, предназначенные только для микрофотографии) и специализированные окуляры — окулярмикрометр, фотографический окуляр. (Окуляры, которые компенсируют остаточную недонсправность апохроматов в отношении хроматической aberrации, называются компенсационными, на оправе глазной линзы у таких окуляров ставится буква «к».)

Спектральный окуляр, позволяющий изучить спектр наблюдаемого в микроскоп объекта, представляет собою комбинацию окуляра и спектроскопа прямого зрения. Необходимый участок изображения в этом окуляре ограничивается при помощи диафрагм.

В оптических системах микроскопа находятся: диафрагма апертуры и диафрагма поля.

Н. ...
В ...
объектив ...
разрешающ ...
схема.



Рис. XII—5
схема

Диафрагма
называется
окулярах.
С уменьш
шается вид
поля, но пр
Диафрагма
жения, но не
Стереоско
ван на получ
екта для лев
указанного
(1) и смен
левых сист

Назначение апертурной диафрагмы — регулировать количество света, поступающего в оптическую систему. В микроскопическом объективе апертурной диафрагмой обычно служит сама оправа объектива. От нее зависит разрешающая способность и глубина резкости микроскопа.

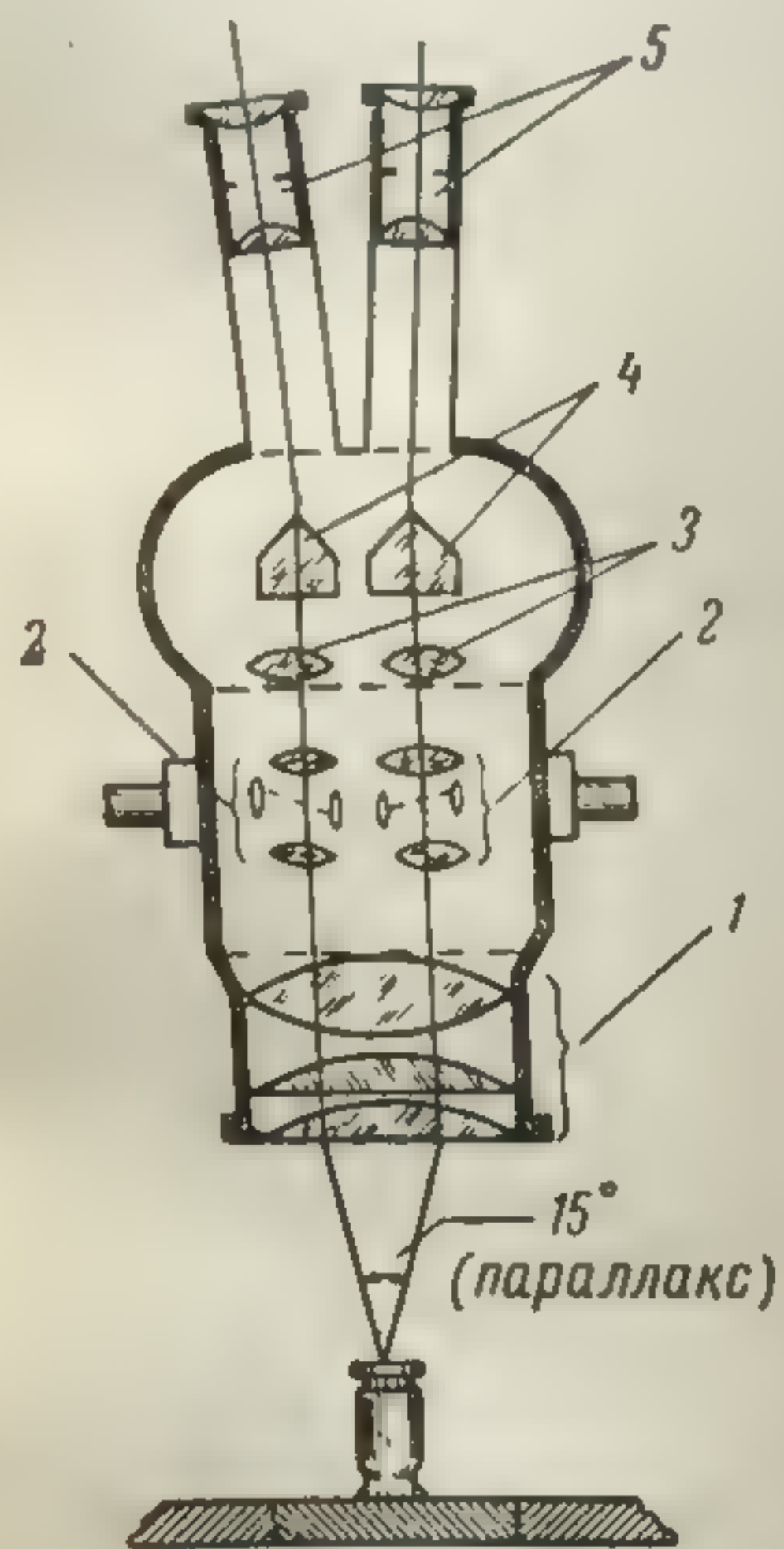


Рис. XII—5. Оптическая схема МБС

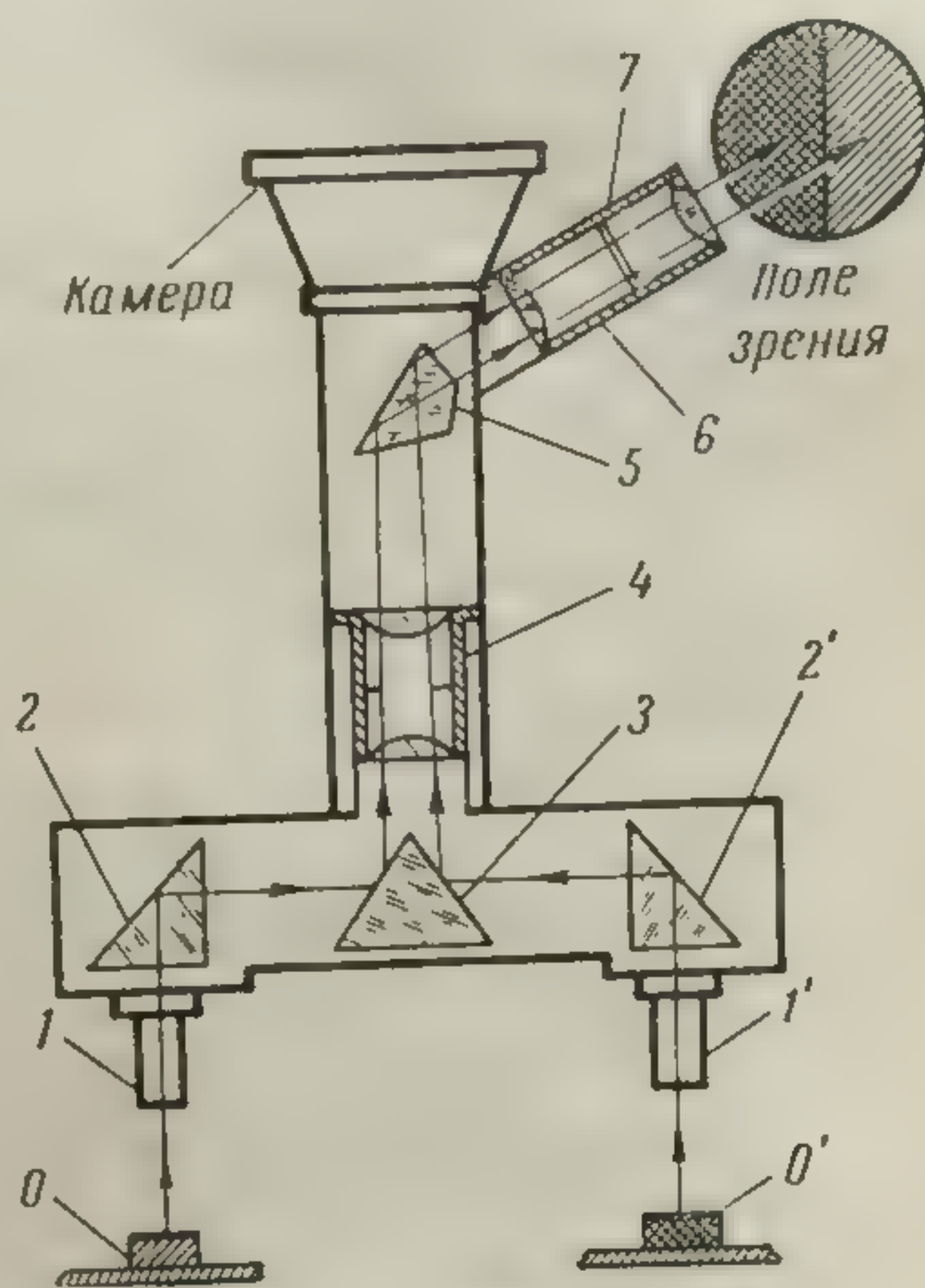


Рис. XII—6. Оптическая схема сравнительного микроскопа

Диафрагма, ограничивающая размер поля зрения, называется диафрагмой поля и обычно помещается в окулярах.

С уменьшением отверстия диафрагмы поля уменьшается видимая часть объекта, т. е. диаметр видимого поля, но при этом освещенность остается неизменной. Диафрагма апертуры изменяет освещенность изображения, но не оказывает влияния на размер поля.

Стереоскопический микроскоп МБС-1 (МБС-2) основан на получении двух изображений наблюдаемого объекта для левого и правого глаза (рис. XII—5). Объектив указанного микроскопа, состоящий из передних линз (1) и сменных объективов (2), так называемых галилеевых систем, введение которых в ход лучей

осуществляется простым поворотом барабана, образует два изображения, имеющих параллактическое различие.

Оптические оси сменных объективов образуют стереоскопический параллакс, примерно равный 15° . Изображения эти с помощью линз (3) направляются на две призмы (4) и сводятся в фокальных плоскостях окуляров (5). При наблюдении в стереоскопическом микроскопе возникает мнимое, увеличенное, прямое (за счет оборачивающих изображение призм) стереоскопическое изображение объекта.

Сравнительный микроскоп

Оптическая схема сравнительного микроскопа, нашедшего широкое применение в экспертной практике, приведена на рис. XII—6.

Изображения двух сравниваемых объектов 0,0 объективами микроскопа 1,1 и двумя прямоугольными призмами полного внутреннего отражения 2,2 проектируются на грани разделительной призмы 3. В плоскости верхнего (разделяющего) ребра разделительной призмы 3 образуются изображения двух рассматриваемых объектов: на одной половине поля — изображение одного объекта, на второй половине — изображение другого объекта.

§ 5. Вспомогательная оптическая система микроскопа, источники света, осветители

Вспомогательная оптическая система микроскопа служит для освещения исследуемого объекта. Для исследования в проходящем свете микроскоп снабжается конденсором, который представляет сочетание нескольких линз, с ирисовой апертурной диафрагмой. Конденсор помещается под предметным столиком микроскопа и вместе с зеркалом образует осветительный аппарат.

Конденсор светлого поля, собирая параллельные или расходящиеся лучи, идущие от источника света, концентрирует их на исследуемом объекте. Концентрированный пучок света заполняет поле зрения, в результате чего оно представляется ярким светлым кругом (рис. XII—7).

В конденсоре темного поля освещение исследуемого объекта производится наклонными лучами, не попадающими на фронтальную линзу объектива (рис. XII—7), в результате чего поле зрения остается темным.

Освещенный косыми лучами исследуемый объект рассеивает некоторое количество падающего на него света, которое, попадая в объектив, образует изображение.

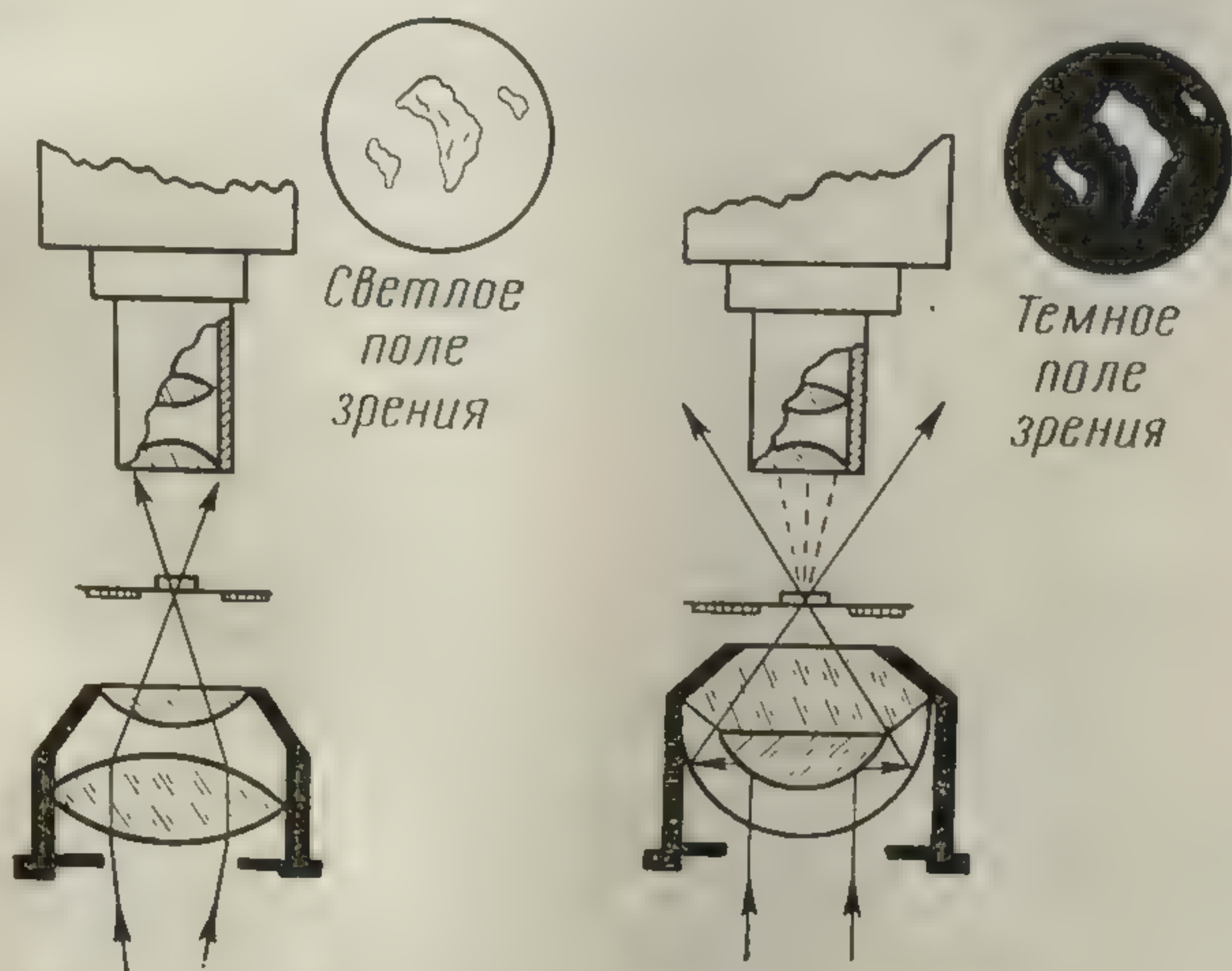


Рис. XII—7. Ход лучей в конденсоре

При наблюдении в светлом поле объект будет темным, при наблюдении в темном поле — светлым.

Для исследования непрозрачных объектов в отраженном свете предназначаются опак-иллюминаторы, которые устанавливаются между нижним торцом тубуса и объективом. В опак-иллюминаторе находится плоское стекло или призма, отклоняющие под прямым углом лучи света, идущие от источника. На рисунке XII—8 схематически изображены два типа опак-иллюминатора.

При освещении объекта с помощью опак-иллюминатора объектив микроскопа выполняет роль конденсора, собирая лучи света на поверхности исследуемого объекта. После отражения от объекта лучи света вновь

собираются объективом и образуют изображение, видимое в окуляре микроскопа.

В opak-иллюминаторе с плоским стеклом происходит значительное ослабление света. В opak-иллюминаторах с призмой ослабление света незначительно. Однако введенная в ход лучей света призма загораживает половину отверстие угла объектива, снижая его апертуру наполовину.

Опак-иллюминаторы с прозрачным стеклом применяются при исследованиях с большими увеличениями,

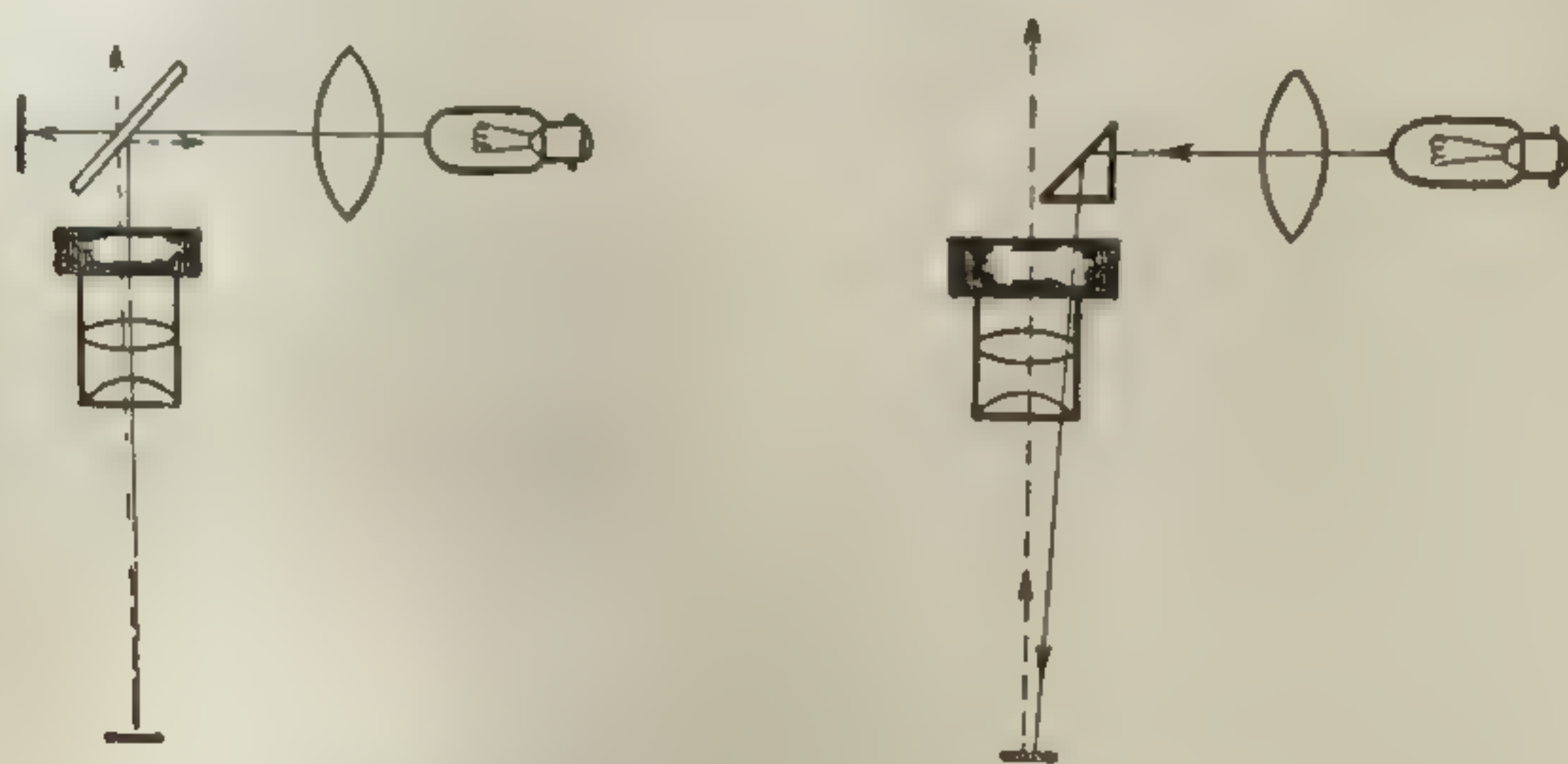


Рис. XII—8. Схема opak-иллюминатора

когда необходимо использовать всю апертуру объектива. При малых и средних увеличениях применяются opak-иллюминаторы с призмой. Для исследований с opak-иллюминатором необходимы объективы с укороченной оправой, так как opak-иллюминатор удлиняет тубус микроскопа.

Для микроскопических исследований в качестве источников света используются электрические источники света: лампы накаливания (проекционные, микролампы), дуговые и т. п. Эти лампы должны при минимальных размерах тела накала обладать повышенной световой отдачей. Данным требованиям больше всего отвечают дуговые и проекционные лампы, микролампы (специальные для микроскопии и микрофотографии).

Микроскопические осветители ОИ-7, ОИ-9, выпускаемые отечественной промышленностью, состоят из точечного источника света (микролампы СЦ-60, работающей при напряжении 8 вольт от понижающего трансформатора), линзового коллектора, для проектирования изо-

бражения нити лампы, ирисовой апертурной диафрагмы. Фокусировка осветителя осуществляется продольным перемещением патрона лампы в корпусе осветителя.

§ 6. Методика микроскопического исследования вещественных доказательств

а) Основные приемы работы с микроскопом. Успешность микроскопического исследования вещественных доказательств зависит от подготовки объекта к исследованию (монтаж объекта), выбора и установки освещения для исследования.

Прежде всего необходимо убедиться в отсутствии загрязнений оптических систем микроскопа.

Частицы пыли, жировые пятна обнаруживают на объективах простым осмотром поверхности линз лучше всего, когда объектив вынут из тубуса микроскопа или револьверного устройства.

В стереоскопических микроскопах МБС-1 (МБС-2) для осмотра объективов необходимо удалить окулярные трубки, а оптическую головку снять со штатива.

Чтобы определить, загрязнен ли окуляр, осветив поле зрения микроскопа, поворачивают окуляр в тубусе микроскопа вокруг оси. Если происходит перемещение видимых в окуляре частичек, то линзы окуляра загрязнены.

Удаление загрязнений с поверхности линз, зеркал и т. п. требует особой осторожности. Для чистки употребляются материалы, которые не царапают стеклянных поверхностей: фланель, колонковые кисти, тампоны из ваты или папиросной бумаги, салфеточная бумага.

Для удаления твердых частиц с поверхностей линз, зеркал и т. п. можно пользоваться резиновой грушей, обдувая поверхности струей воздуха.

Исследование под микроскопом следует начинать с малых увеличений. Это дает возможность выбрать на исследуемом объекте необходимый участок. Малое увеличение облегчает контроль за установкой объекта на предметном столике микроскопа и освещения.

Процесс фокусировки складывается из трех этапов: исходная установка, грубая наводка на фокус и уточнение фокусировки.

Исходная установка состоит в том, что объектив микроскопа располагается от объекта исследования на расстоянии, меньшем фокусного. За установкой следят со стороны, расположив глаз на уровне предметного столика.

Для исходной установки средних объективов фронтальная линза объектива располагается от объекта очень близко (4—2 мм), а для сильных — фронтальная линза почти соприкасается с объектом.

Грубая наводка на фокус осуществляется путем поднятия тубуса микроскопа или опусканием предметного столика до появления в окуляре изображения исследуемого объекта. При употреблении объективов со средними и большими увеличениями тубус следует поднимать медленно.

Появившееся в окуляре микроскопа изображение обычно требует уточнения фокусировки, которое производится путем осторожного вращения макровинта (для слабых увеличений) или микровинта (для средних и сильных увеличений) в ту или другую сторону.

В некоторых типах микроскопов (например, МИМ-6) фокусировка начинается с грубой наводки, для чего на макрометрическом механизме имеются специальные отметки, соответствующие определенному расстоянию от объектива до исследуемого объекта.

При переходе от одного увеличения к другому (при замене объективов), как правило, процесс наводки на резкость состоит лишь в уточнении фокусировки.

Существенное значение имеет выработка навыка наблюдения в монокулярном микроскопе, не зажимывая второй глаз. Для этой цели на тубус микроскопа следует помещать экран из черной бумаги, перекрывающий второй глаз.

б) Монтровка объекта. При микроскопическом исследовании документов очень важно, чтобы поверхность документа была ровной, особенно при употреблении больших увеличений.

Документ зажимается между двумя прозрачными стеклами размером около 13×18 см (рис. XII—9). В верхнем стекле, обращенном к объективу, проделывается отверстие. Документ зажимается между стеклами таким образом, чтобы исследуемый участок приходился против отверстия в верхнем стекле. При исследовании

документ
можно
микроскоп
Д. 74
сравнить
гильза
Для
МС-51
тели (рис. 1)

Нижнее

Рис. XI

В пулдер
ным стаканом
(4) для вращ
заменен кругл
много больше
зы. Одним кон
пластелина на
ло), на другой
конец стойки с
При исслед
наклон, фиксир
тилина.
Для микрос
существа (нити,
метному стеклу
фина, раствора

документов малого формата с небольшим увеличением можно ограничиться употреблением одних зажимов к микроскопу.

Для микроскопического исследования пуль и гильз сравнительный микроскоп МИС-10 снабжен пуле- и гильзодержателями.

Для исследования пуль на сравнительном микроскопе МС-51 необходимо изготовить специальные пуледержатели (рис. XII—10).

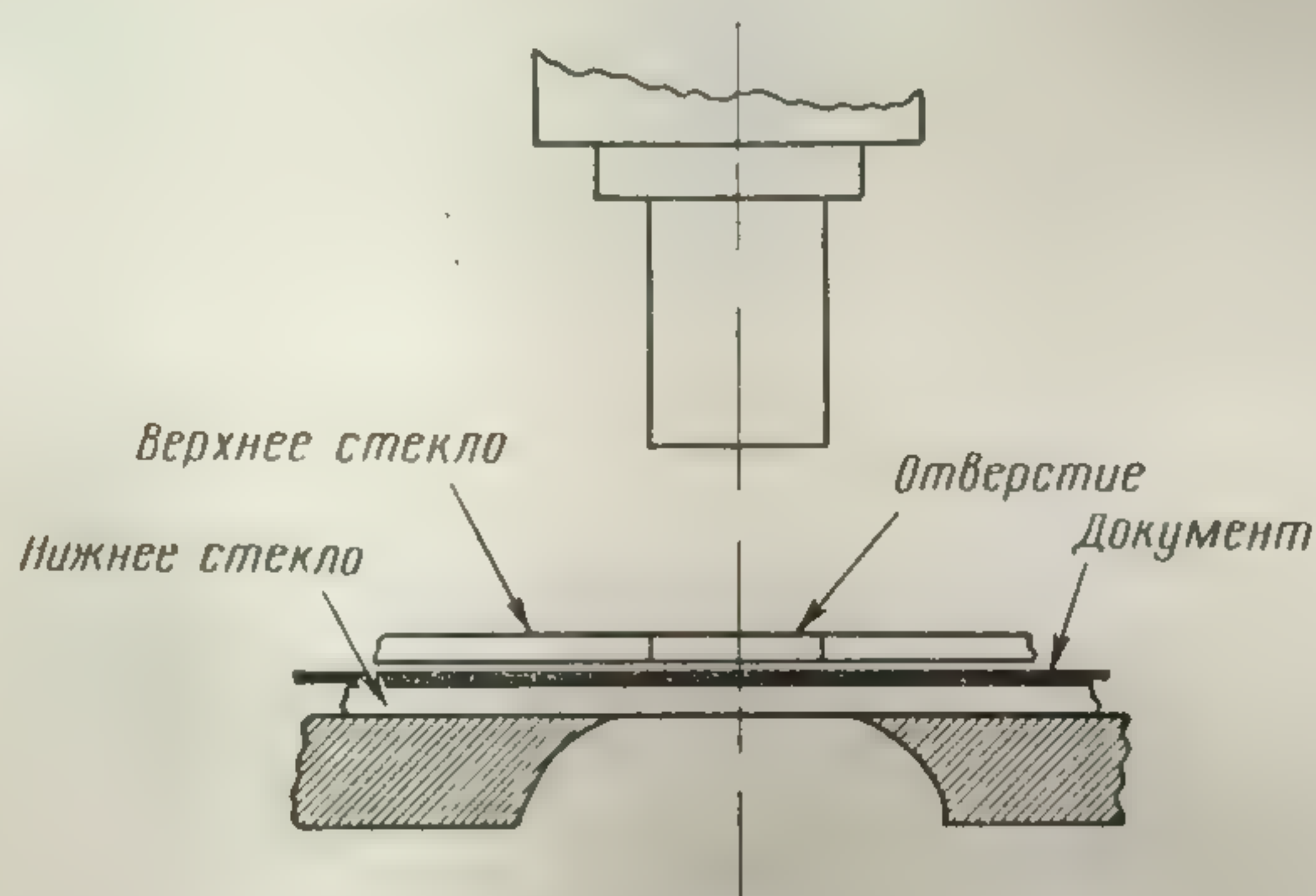


Рис. XII—9. Укладка документа для микроскопического исследования

В пуледержателе пуля (1) зажимается между упорным стаканом (2) и штоком (3), снабженным барашком (4) для вращения пули. Гильзодержатель может быть заменен круглой деревянной стойкой, длина которой немного больше высоты подлежащей исследованию гильзы. Одним концом стойка укрепляется с помощью куска пластилина на плоской поверхности (предметное стекло), на другой конец надевается исследуемая гильза. На конец стойки следует положить кусочек пластилина.

При исследовании гильзе можно придавать любой наклон, фиксируя положение стойки с помощью пластилина.

Для микроскопического исследования волокнистые вещества (нити, кусочки ткани) прикрепляются к предметному стеклу с помощью расплавленного воска, парафина, раствора целлулоида и т. п.

Для мелких частиц пользуются специальными предметными стеклами, в которых сделаны округлые шлифованные углубления. Можно также использовать очковые или часовые стекла.

При микроскопическом исследовании отдельных объектов изготавливают препараты — срезы, например, для исследования древесины.

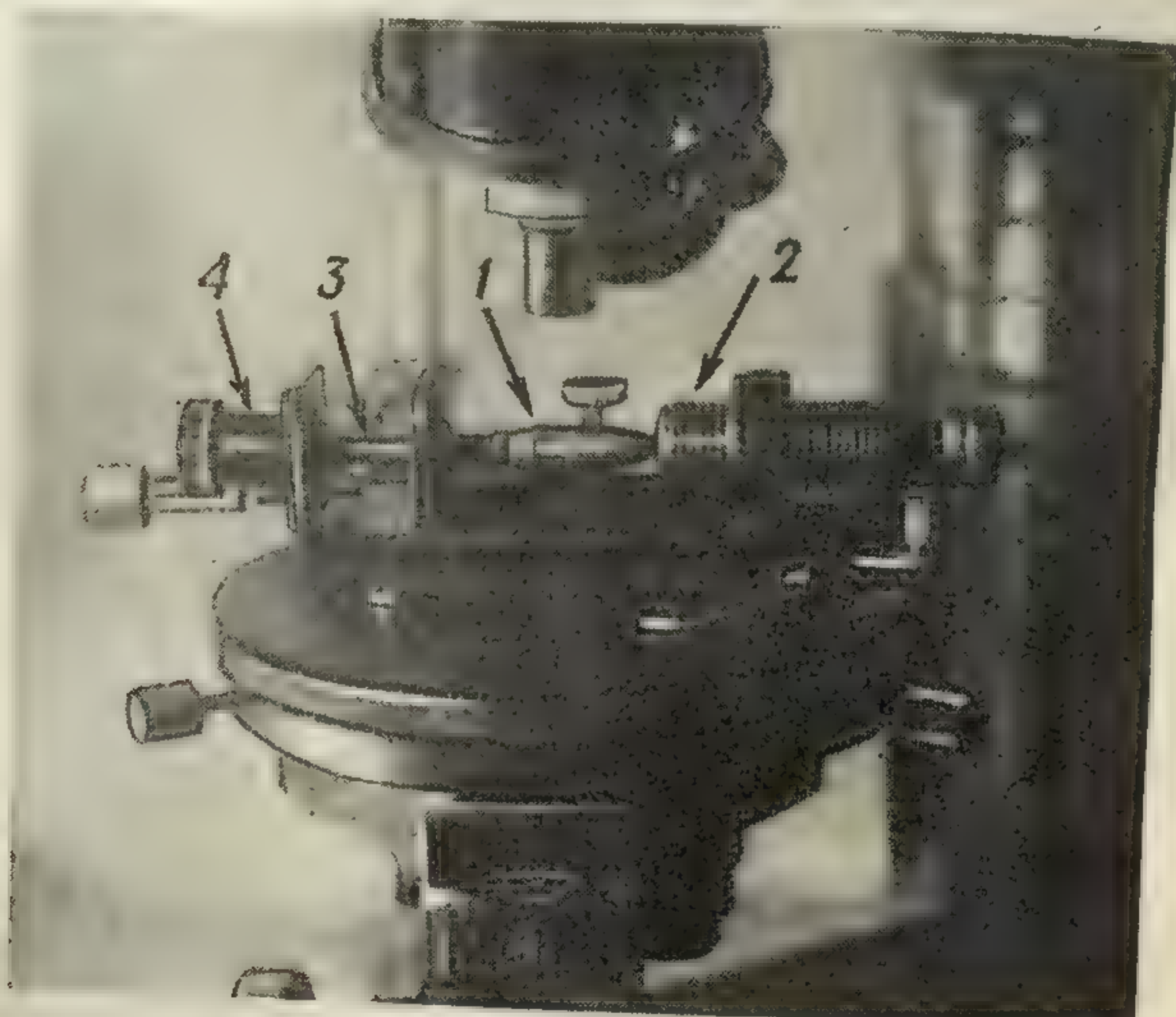


Рис. XII—10. Пулдержатель

Срезы для исследований с малыми и средними увеличениями могут быть сделаны с помощью лезвия безопасной бритвы. Рекомендуется резать по направлению к себе, протягивая бритву. Срез помещается на предметное стекло и покрывается покровным стеклом толщиной от 0,11 до 0,2 мм, на нижнюю поверхность которого предварительно наносится капля жидкости (дистиллированная вода, смесь воды с глицерином, глицерин и т. д.); жидкости должно быть столько, чтобы она заполнила промежуток между покровным и предметным стеклом.

Покрытие препарата .. ровным стеклом производится с одной какой-либо стороны для того, чтобы избежать образования пузырьков воздуха.

Изготовление тонких срезов производится на специальных приборах — микротоммах.

Техника изготовления препаратов для микроскопического исследования освещена в ряде руководств.

в) Исследование в отраженном свете.

В микроскопии применяется освещение для исследования в отраженном свете и освещение объекта проходящим светом.

Освещение для исследования в отраженном свете может быть вертикальным, что достигается употреблением опак-иллюминаторов, и наклонным, когда лучи света от осветителя направляются в промежуток между фронтальной линзой объектива микроскопа и исследуемым объектом под углом к поверхности объекта. Образование изображения объекта при этом типе освещения будет происходить, во-первых, за счет избирательного отражения (и поглощения) света, во-вторых, за счет распределения светотеней (при освещении наклонными лучами).

Вертикальное освещение в ряде случаев позволяет исследовать следы скольжения на металле, например, следы от патронника на корпусе металлической гильзы, где бороздки (углубления) зеркально отражают свет, а валики (выступы) в силу окисления металла гильзы имеют матовую поверхность, диффузно отражающую свет (рис. XII—11).

В экспертной практике вертикальное освещение применяется также для определения хронологической последовательности пересечения карандашного штриха со штрихом чернил или копировальной бумаги, для дифференциации штрихов, нанесенных через копировальную бумагу, и карандашом.

Освещение установлено правильно, когда:

1) нить лампы осветителя сфокусирована на закрытой апертурной диафрагме осветителя путем передвижения лампы осветителя или самого осветителя в зависимости от типа микроскопа;

2) при открывании и закрывании полевой диафрагмы опак-иллюминатора поле зрения равномерно перекрывается от центра к краям и наоборот. Для исследования

полевую диафрагму раскрывают настолько, чтобы изображение ее перестало быть видимым в поле зрения.

При микроскопических исследованиях с малым увеличением в качестве опак-иллюминатора можно применить чистую стеклянную пластинку, которую укрепляют под объективом микроскопа наклонно под углом 45° к оптической оси. Размер пластинки зависит от рабочего расстояния объектива микроскопа (для МБС-1, МБС-2



Рис. XII—11. Следы патронника

можно взять пластинку размером 5×5 см). Крепление пластинки осуществляется двумя стойками из дерева или из плотного картона. Пластинку или вставляют в пазы стоек, или же просто укрепляют пластилином.

Вертикальное освещение (с опак-иллюминатором) в основном применимо лишь при микроскопических исследованиях относительно гладких поверхностей¹, обладаю-

¹ Наблюдение объектов с небольшой отражательной способностью почти невозможно при применении опак-иллюминатора в силу того, что яркость изображения оказывается перекрытой отраженным светом от поверхностей линз объектива.

щих зеркальным отражением. Выявление структурных деталей поверхности непрозрачного объекта требует наклонного освещения под тем или иным углом наклона падающих лучей к поверхности объекта.

Изменяя угол наклона падающих лучей, можно получить различные эффекты при исследовании одного и

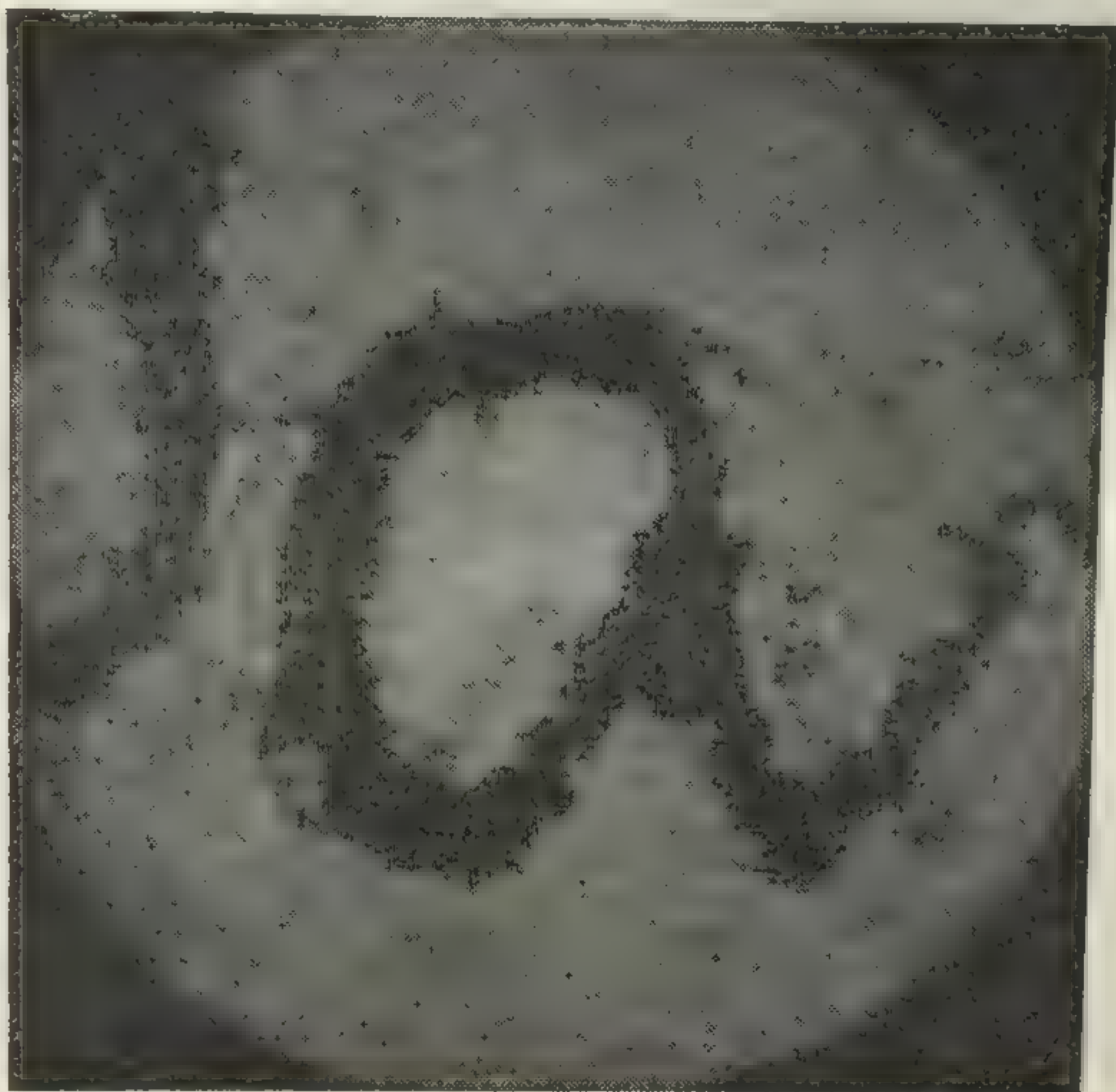


Рис. XII—12. Участок бумаги с буквой „а“

того же объекта. Примером этому может служить микроскопическое исследование штрихов текста на документах, например при освещении, близком к вертикальному (угол наклона падающих лучей — $80-85^\circ$), рядом со штрихами букв можно обнаружить остатки штрихов какой-то записи, удаленной подчисткой.

Характерный признак подчистки — взъерошенность волокон бумаги — при таком освещении не обнаруживается (рис. XII—12). При освещении с углом наклона падающих лучей света, близким к $10-15^\circ$, хорошо выявляется признак подчистки — взъерошенность волокон. При этом почти не заметны остатки штрихов записи, удаленной подчисткой (рис. XII—13).

Недостатком наклонного освещения является то, что падающие от одних участков объекта тени перекрывают другие участки, маскируя тем самым отдельные детали исследуемого объекта.

Этот недостаток может быть уменьшен при использовании следующих приемов:



Рис. XII—13. Участок бумаги с буквой „а“

а) освещение объекта производят рассеянным светом, для чего на пути лучей света помещают матовое стекло, папиросную бумагу и т. д.;

б) применяют для освещения не один, а два (или больше) осветителя, лучи света от которых направляют под различными углами наклона к поверхности исследуемого объекта и в различных направлениях;

в) для уменьшения глубины теней употребляют экраны — подсветки, которые устанавливают на объекте или вблизи него со стороны, противоположной осветителю.

В тех случаях, когда исследуемый участок объекта находится в труднодоступном месте, например, микро-

скопические особенности следа от бойка ударника на капсюле гильзы и т. п., освещение может быть осуществлено с помощью зеркал, поворачивая которые определенным образом по отношению к источнику света, можно отбросить свет в желаемом направлении.

Высвечивание может быть произведено также с помощью светопроводящих средств, в которых лучи света распространяются, не рассеиваясь, следуя за всеми изгибами «светопроводника».

В качестве таких средств могут быть использованы стеклянные трубки, клинья и призмы из стекла.

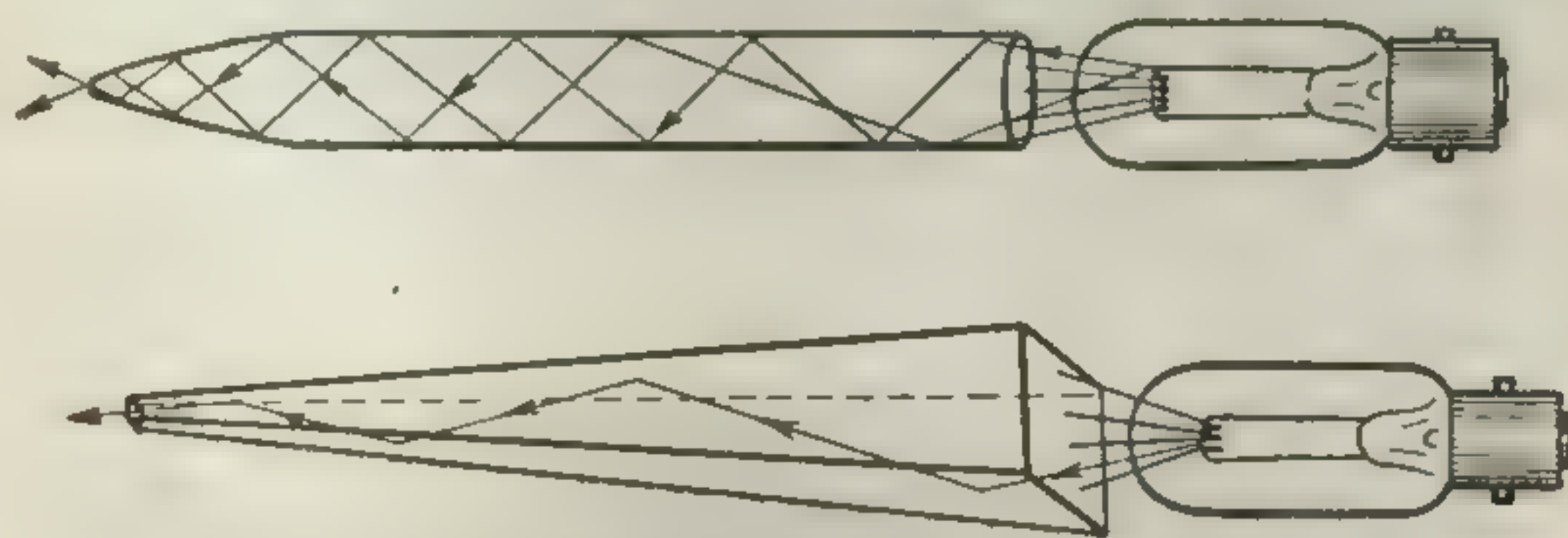


Рис. XII—14. Светопроводы

Клинья и призмы могут быть изготовлены из органического стекла (плексигласа), который легче поддается механической обработке и полировке.

Источник света помещается у более широкого конца трубки или клина, освещение производится противоположным узким концом (рис. XII—14).

Наружные поверхности стеклянных трубок должны быть посеребрены. Наружные поверхности трубки (или клина) можно также покрыть «серебряной краской» (аргенторат в эмали).

Диаметр входного конца трубки должен быть не менее 0,8—1 см. Узкий конец трубки или клина вплотную придвигают к исследуемому участку объекта. Если освещению следует подвергнуть участок, который находится в углублении, то узкий конец трубки или клина следует предварительно слегка изогнуть, что можно сделать на газовой горелке или же путем размягчения в горячей воде (плексиглас).

На рис. XII—15 показаны выявленные при этом следы действий отмычки.

Освещение объекта, находящегося в углублении (например, особенности бойка ударника в следе на капсюле гильзы) может быть произведено с помощью жидкости: воды, глицерина, скипидара. Каплю жидкости пипеткой наносят в углубление так, чтобы жидкость полностью заполнила его. При освещении капли лучи света, переходя из среды менее оптически плотной (воздух) в

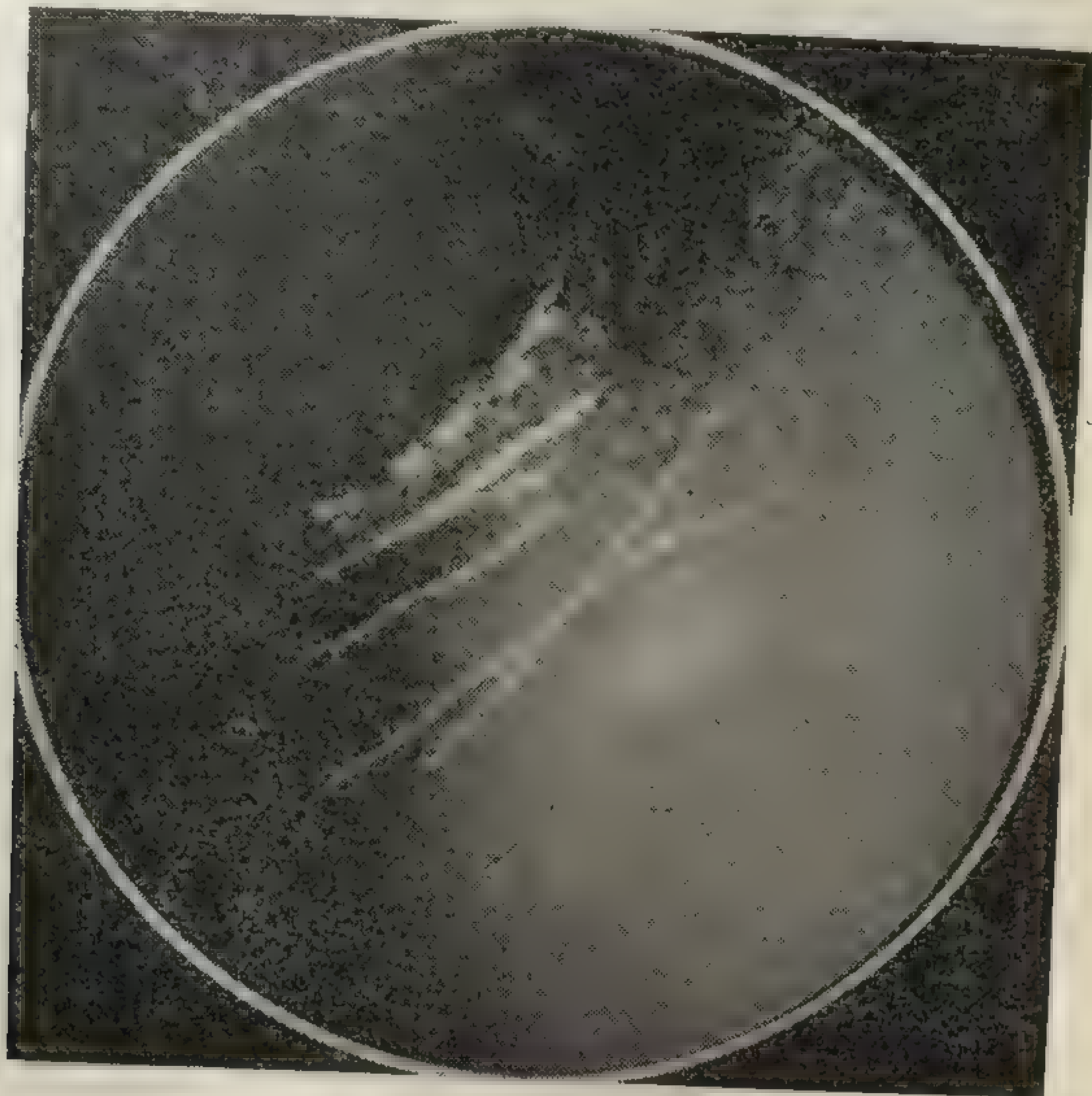


Рис. XII—15. Микроснимок следов действия отмычки

среду более оптически плотную (жидкость), претерпевают преломление. Внутри капли преломленные лучи света будут частично отражаться, но так как жидкость имеет больший показатель преломления, чем воздух, то лучи света отчасти будут претерпевать полное внутреннее отражение, оставаясь внутри капли. Этим самым создаются условия для высвечивания углубления.

г) Исследование в проходящем свете.

Освещение проходящим светом применяется для прозрачных и полупрозрачных объектов.

Сущность данного типа освещения состоит в следующем. Концентрированный пучок лучей, посылаемый ос-

ветителем, отбрасывается зеркалом микроскопа через конденсор (или же без него) на исследуемый объект. Изображение его в микроскопе строится за счет избирательного поглощения или пропускания проходящего через объект света.

Техника установки освещения при малых увеличениях состоит в следующем. Пучок лучей от осветителя направляется в центр зеркала микроскопа.

Поворотом зеркала микроскопа посылают лучи света на объект. При малых увеличениях следует пользоваться плоской стороной зеркала. Если в поток лучей света ввести матовое стекло, освещение объекта будет производиться рассеянным светом. Пучок света должен заполнять поле зрения.

При исследовании в проходящем свете участки бумаги для увеличения прозрачности можно смазывать вазелиновым маслом, которое после исследования удаляется бензином или спиртом.

Для исследования объекта в проходящем свете при средних и больших микроскопических увеличениях осветитель устанавливают вблизи микроскопа (к осветителям ОИ-7, ОИ-9 прилагаются специальные штанги). На столик микроскопа помещают исследуемый объект. При помощи зеркала микроскопа пучок света от осветителя направляется в конденсор, и микроскоп с объективом среднего увеличения фокусируется на резкость изображения. Двигая патрон с лампочкой в корпусе осветителя, получают резкое изображение нити лампы на закрытой ирисовой диафрагме конденсора микроскопа. Открывают диафрагму конденсора и закрывают диафрагму осветителя. Наблюдая в микроскоп, перемещением конденсора микроскопа получают резкое изображение диафрагмы осветителя в поле зрения микроскопа. Поворотом зеркала микроскопа помещают изображение диафрагмы осветителя в центр поля зрения и открывают диафрагму осветителя настолько, чтобы освещалось только видимое поле зрения.

Изменением отверстия диафрагмы конденсор микроскопа регулирует контрастность изображения исследуемого объекта.

На рис. XII—16 приведен микрофотоснимок с увеличением $120\times$ частицы древесины.

Прозрачные объекты (частицы стекла, соль, сахар и т. д.) исследовать в светлом поле не представляется возможным, так как на светлом фоне изображения таких объектов мало видны. В подобных случаях применяются исследования в темном поле. Для получения эффекта темного поля прямые лучи света не должны попадать в объектив микроскопа. Изображение объекта

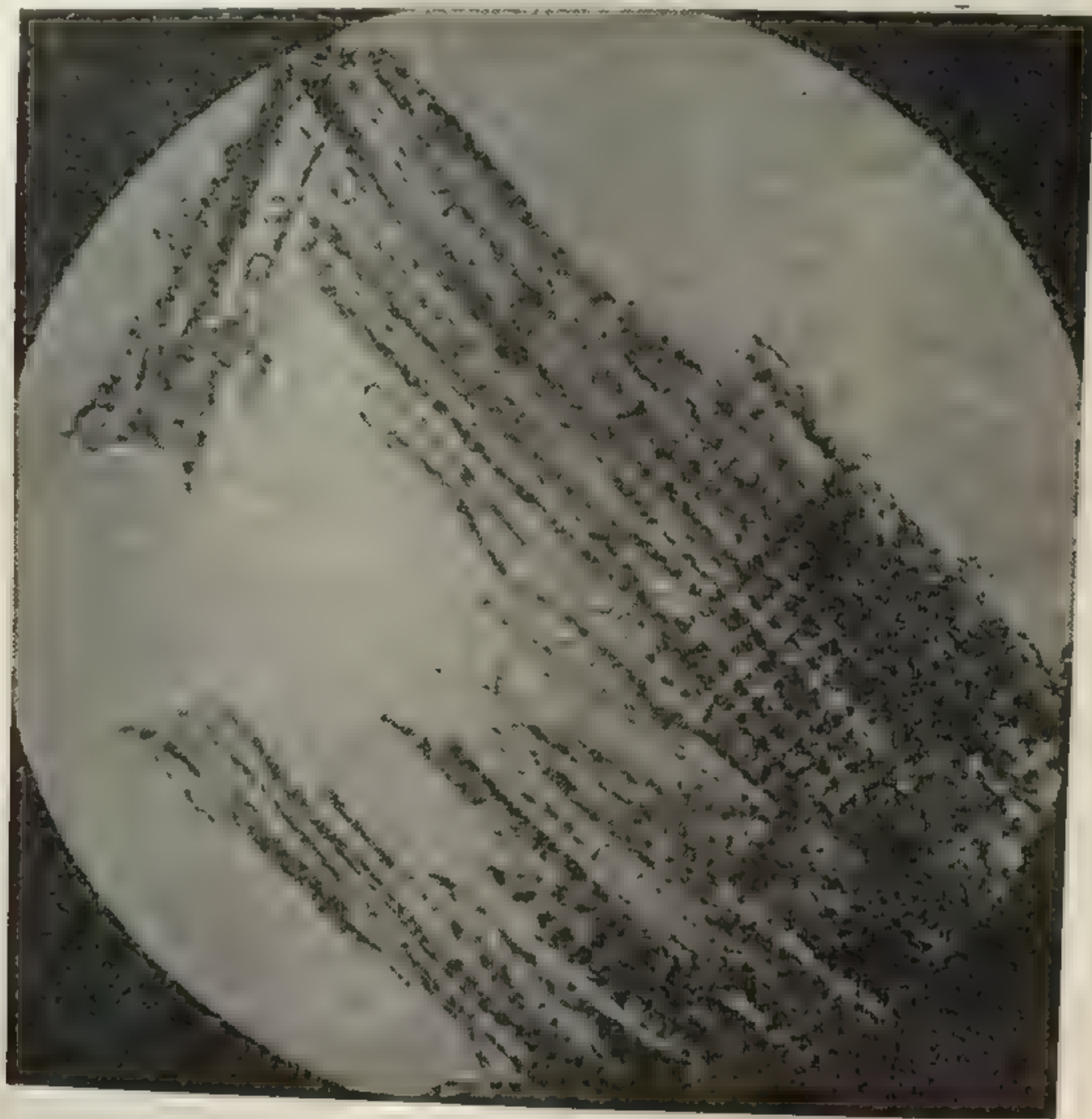


Рис. XII—16. Частицы древесины

в этом случае строится за счет рассеивания объектом косопадающих лучей света.

В случаях исследования объектов со средним и малым увеличениями темное поле можно получить с конденсором ОИ-10, или применяя следующий несложный прием. Кружок (экран) из черной бумаги, диаметр которого должен быть на 2—2,5 мм меньшим диаметра фронтальной линзы конденсора, укладывается на фронтальную линзу конденсора так, чтобы он закрыл всю центральную часть ее. Исследуемый объект в этом случае будет освещаться только периферическими лу-

чами света. Темное поле может быть также получено путем окрашивания тушью центральной части — нижней линзы конденсора за исключением небольшой щели (1—2 мм) по периферии (см. рис. XII—17, на котором изображены кристаллики сахара и волокна мешка).

Для микроскопических исследований в темное поле со значительными увеличениями (порядка 300 \times , 500 \times

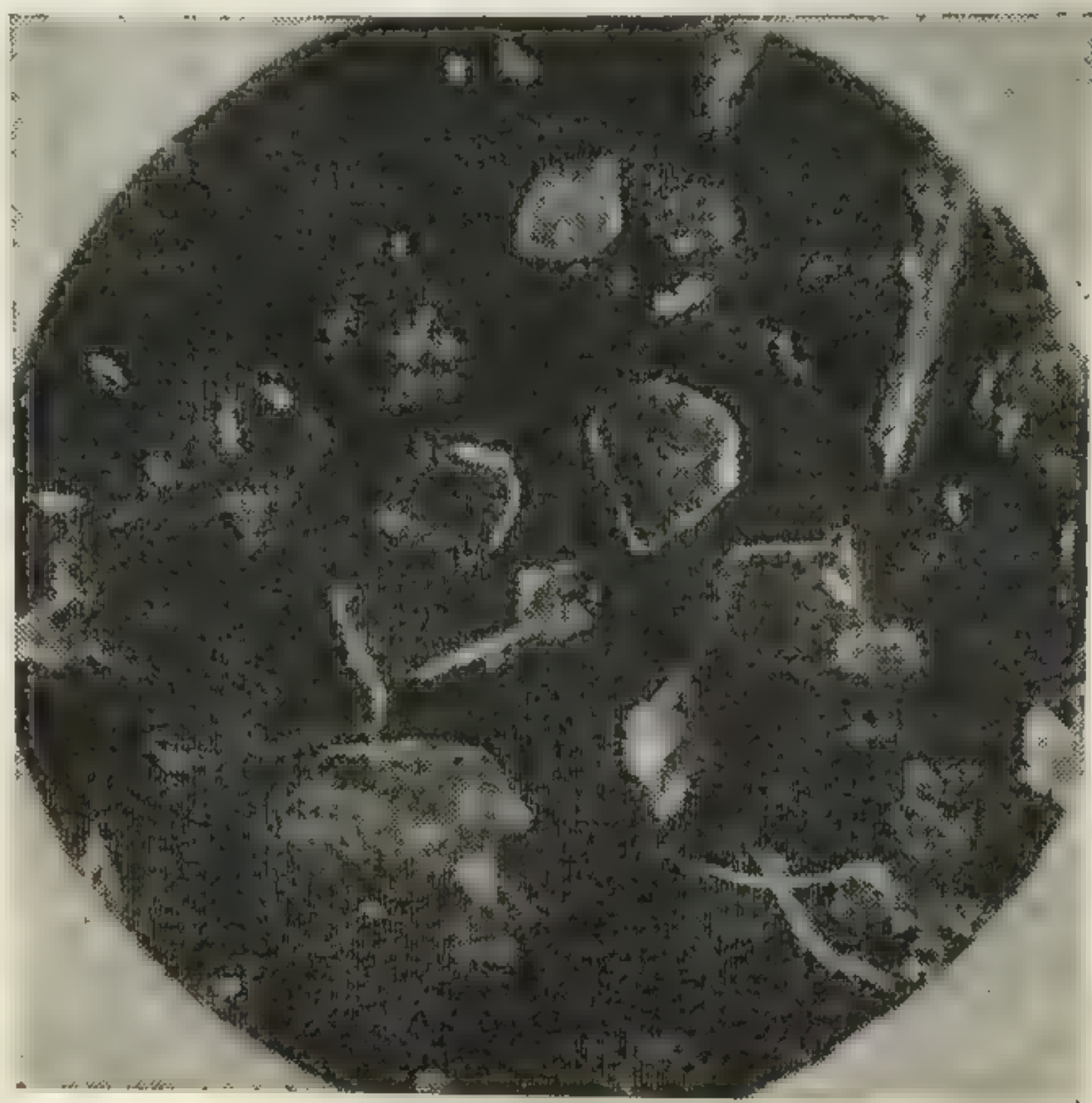


Рис. XII—17. Прозрачные кристаллики сахара

и выше) следует применять специальные конденсоры, например ОИ-13.

В этом случае на верхнюю линзу конденсора наносится капля иммерсионной жидкости (кедровое масло, глицерин) и конденсор поднимается вверх, пока капля не коснется предметного стекла, на котором находится исследуемый объект. Предметное стекло должно иметь толщину в пределах 0,8—1,2 мм (отступления от этого ухудшают эффект темного поля). Конденсор центрируется специальными винтами.

§ 7. Микроскопические измерения

а) Приборы, применяемые для микроскопических измерений вещественных доказательств. Для производства измерений микроскопы

снабжаются вспомогательными принадлежностями. Линейные измерения относительно крупных объектов (свыше 1 мм) могут быть произведены с помощью препаратоводителя, позволяющего передвигать объект в двух взаимно перпендикулярных направлениях.

Для производства отсчета препаратоводитель снабжен двумя шкалами и нониусами. Отсчет передвижения производится с точностью до 0,1 мм.

Основным прибором для микроскопических измерений служит измерительный окуляр, в плоскости полевой диафрагмы которого помещается шкала (рис. XII—18).

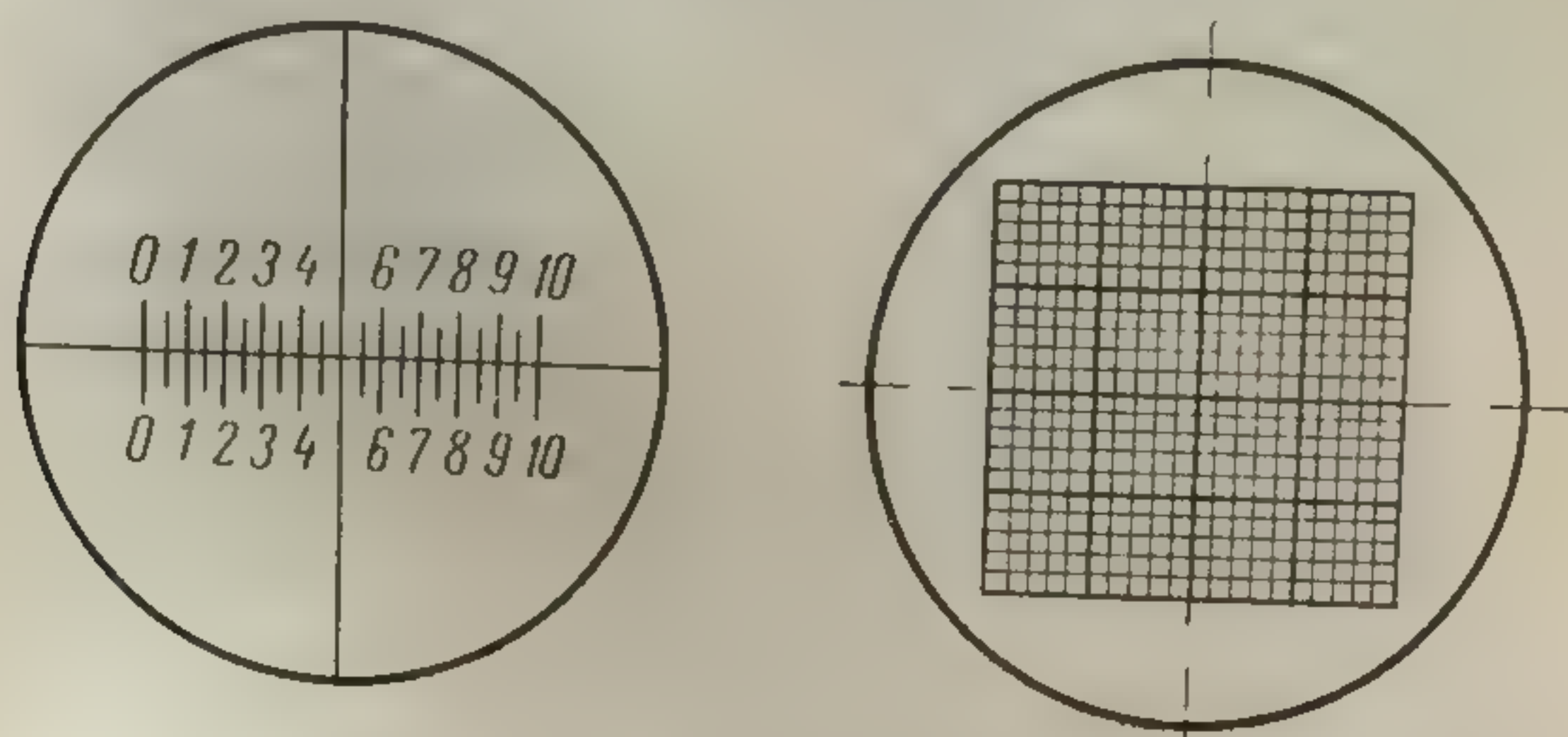


Рис. XII—18. Измерительные шкалы окулярного микрометра

Винтовые окулярные микрометры в отличие от простого окулярного микрометра снабжены специальным отсчетным приспособлением, состоящим из винта, отсчетного барабанчика и каретки с подвижной сеткой-перекрестием.

Значение делений шкалы окулярного микрометра зависит от увеличения объектива и окуляра микроскопа, длины тубуса и т. д.

Для некоторых микроскопов (МБС-1, МБС-2 и др.) значения делений шкалы окулярного микрометра в зависимости от примененного увеличения даны в специальных таблицах, прилагаемых к микроскопу. В остальных случаях для микрометрических измерений необходимо определить абсолютное значение деления шкалы окулярного микрометра при данном увеличении, что производится с помощью объект-микрометра. Объект-микрометр представляет собой металлическую пластинку, в отверстии которой расположено круглое стекло со шкалой длиной 1 мм, разбитой на 100 частей, т. е. цена

деления шкалы объект-микрометра 0,01. Для того чтобы установить, чему соответствует одно деление шкалы окулярного микрометра при данном увеличении, объект-микрометр помещают на предметный столик микроскопа и, сфокусировав микроскоп, отсчитывают, сколько делений объект-микрометра приходится на определенное число делений шкалы окулярного микрометра.

Например, 20 делений объект-микрометра вместились в пяти делениях окулярного микрометра. Цена деления окулярного микрометра составляет:

$$\frac{20 \cdot 0,01}{5} = 0,04 \text{ мм.}$$

При малых увеличениях объект-микрометр может быть заменен линейкой с миллиметровыми делениями.

Для производства измерений с помощью окулярного микрометра необходимо перед помещением его в тубус микроскопа отфокусировать изображение шкалы по глазу.

б) Методика измерений в практике микроскопических исследований. При линейных измерениях с помощью препаратопроводителя в качестве базовой (отсчетной) линии или точки используются нити перекрестия шкалы окулярного микрометра или точка их пересечения¹.

Для измерения изображение избранных точек объекта совмещают с базовой линией — вертикальной линией перекрестия окулярного микрометра. Совмещение производится вращением барашек препаратопроводителя и осевым поворотом окулярного микрометра в тубусе микроскопа. Разность между двумя показаниями шкалы и нониуса препаратопроводителя является шириной следа.

При помощи окулярного микрометра определяется размер измеряемого объекта в делениях шкалы окулярного микрометра, а затем полученное число умножают на цену одного деления.

Для измерения площадей, например, очерченных штрихами букв, при криминалистических исследованиях почерка и т. д. в окулярных микрометрах употребляются шкалы-сетки.

¹ При производстве указанных измерений на сравнительном микроскопе в качестве базовой линии используются линии визирной рамки окуляра микрофотонасадки МФН-1.

Для производства угловых измерений целесообразно изготовить угломерную шкалу, которая при измерениях помещается в окулярный микрометр. Для этой цели фотографируется вычерченная на ватмане шкала. Дипозитив шкалы на пленке обрезается в форме кружка по размеру стандартной шкалы к окулярному микрометру. На рис. XII—19 показана такая угломерная шкала.

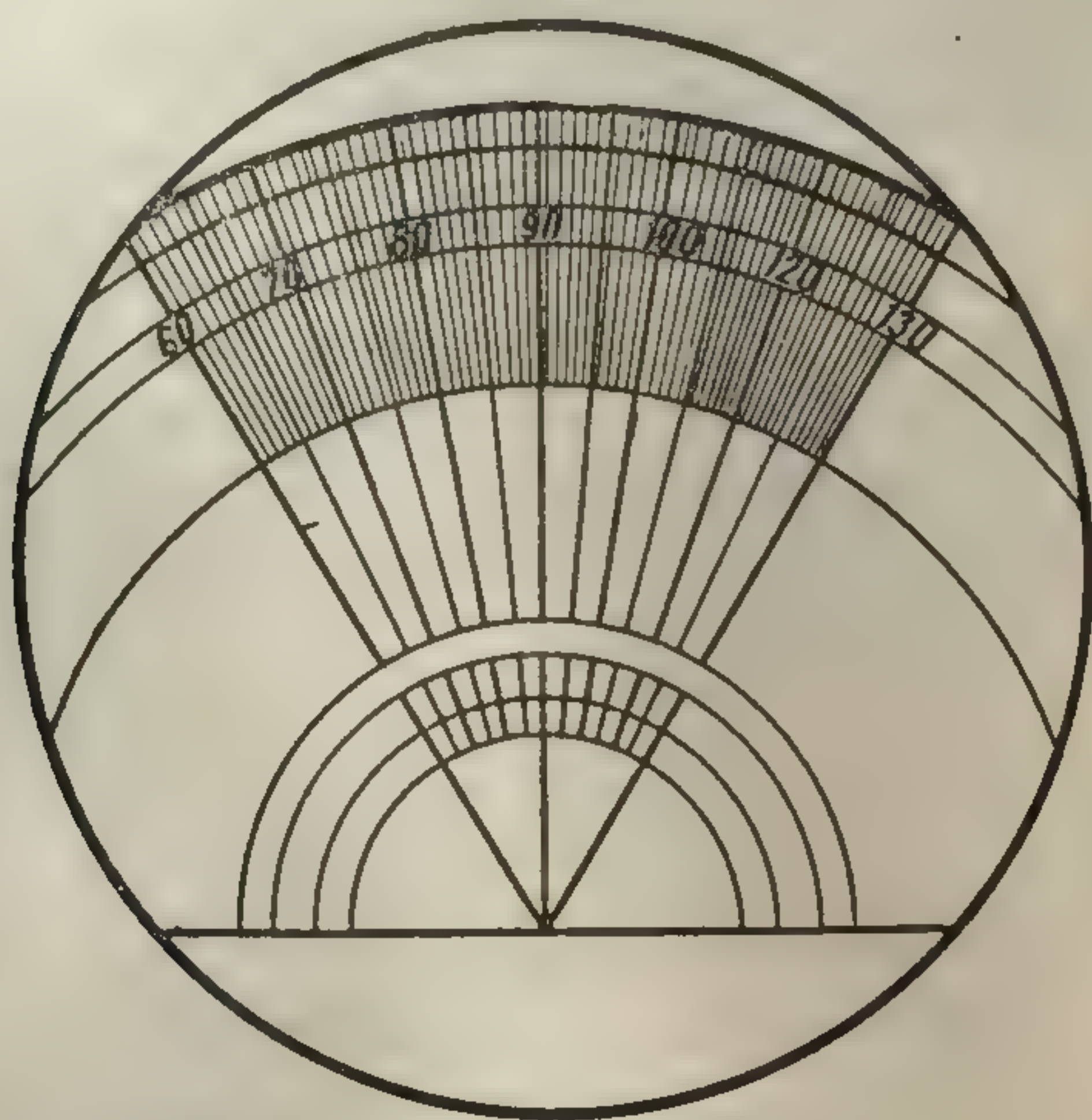


Рис. XII—19. Угломерная шкала

Микроскопические угловые измерения могут быть произведены и с помощью линейной шкалы, которая входит в нормальный комплект окулярного микрометра микроскопа. В качестве примера приведем измерение крутизны следов от полей нарезов на пулях.

Пуля укрепляется в пулержателе, который помещается в препаратодержатель на предметном столике микроскопа. Окуляр-микрометр ориентируется в окулярной трубке тубуса микроскопа так, чтобы шкала делений располагалась горизонтально.

Для производства измерений донная часть пули должна располагаться строго параллельно горизонтальной линии шкалы окуляр-микрометра.

Для производства измерения пулю с помощью препаратодержателя перемещают в поперечном направлении

в отрезке от
поля нарез
микрометра
шкалу деле
ной части п
ство делени
перекрестия
у донной ча
дает танген
зов на пуле
нометрическ
дов с точно
Допустим
лось 5 деле
«b» занял 5
наклона сле

По таблице
5°11'. Необ
определи

так, чтобы вертикальная нить шкалы окуляр-микрометра совместилась со следом от грани поля нарезов у донной части пули. Горизонтальная нить шкалы окуляр-микрометра должна совмещаться с началом следа от грани поля нареза у оживальной части пули. (Указанное расположение пули показано на рисунке XII—20.)

Подсчитывают, сколько делений шкалы окуляр-микрометра вмещается в отрезке «*a*» (на рис. XII—20а),

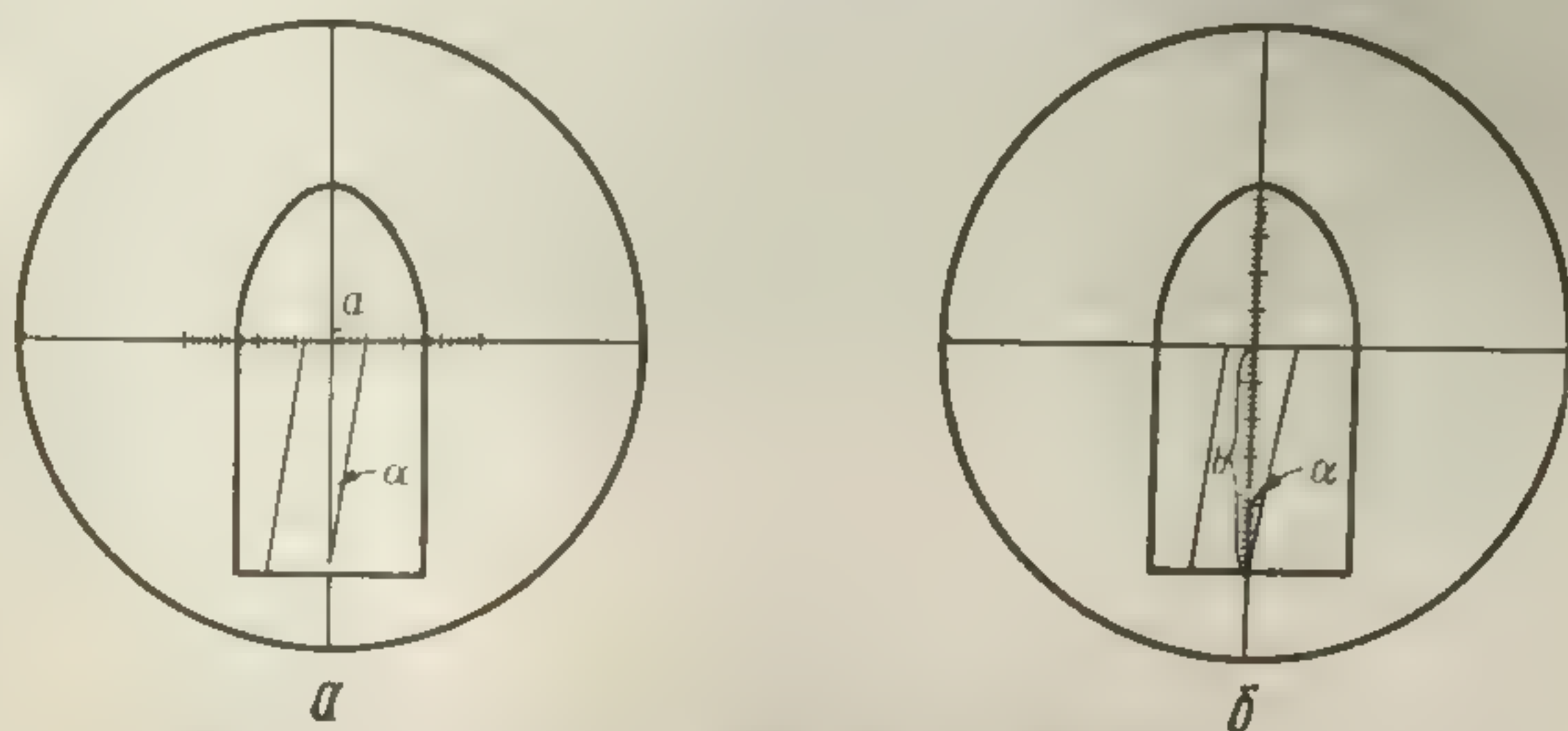


Рис. XII—20. Положение пули и шкалы

в отрезке от центра перекрестия шкалы до следа грани поля нареза в начале следа. Осевым вращением окуляр-микрометра в окулярной трубке микроскопа совмещают шкалу делений со следом от грани поля нарезов у донной части пули (рис. XII—20б). Подсчитывают количество делений шкалы в отрезке «*b*», в отрезке от центра перекрестия шкалы до следа от грани поля нареза у донной части пули. Отношение двух величин «*a*» : «*b*» дает тангенс угла α — угла наклона следов полей нарезов на пуле. Соответственно тангенсу в таблице тригонометрических функций определяют углы наклона следов с точностью до минуты.

Допустим, что при измерении в отрезке «*a*» вместились 5 делений шкалы окуляр-микрометра, а отрезок «*b*» занял 55 делений шкалы. Вычислим тангенс угла наклона следа на пуле:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{5}{55} = 0,0909$$

По таблице определяем искомый угол. Он будет равен $5^{\circ}11'$. Необходимо производить несколько замеров и определить среднюю арифметическую.

Измерение углов наклона следов от полей нарезов на пулях может быть также произведено на микроскопах, имеющих шкалу отсчета углов поворота предметного столика, например, на поляризационных микроскопах МП-3, МП-4. Отсчетные шкалы у данных микроскопов нанесены по окружности предметного столика. Точность отсчета по нониусам — $0,1^\circ$ (6 минут). Перед производством измерения необходимо убедиться, что центр вращения предметного столика микроскопа совпадает с центром перекрестия нитей окуляра (или нитей шкалы окулярного микрометра). Для этого на предметном столике микроскопа с помощью пластилина закрепляются две тонкие нитки в виде перекрестия. Сфокусировав микроскоп, вращением предметного столика проверяют, не сходит ли центр перекрестия ниток, прикрепленных на предметном столике, с центра креста нитей окуляра. Наблюдая в окуляр, с помощью центрировочных винтов производят центрировку объектива: вращая центрировочные ключи, переводят центр нитей окуляра в центр перекрестия, образованного нитками на предметном столике микроскопа. Измерения производятся при небольших увеличениях — 4—12 (объективы $1\times$ — $3\times$, окуляры $4\times$ — $6\times$).

Для измерения пуля, как и в рассмотренном случае, укрепляется в пулержателе, который помещается на предметном столике микроскопа. Донную часть пули располагают параллельно горизонтальной линии перекрестия нитей окуляра (или горизонтальной линии шкалы окулярного микрометра).

Вершину измеряемого угла (окончание следа от грани поля нарезов у донной части пули) помещают в центр вращения столика микроскопа — центр перекрестия нитей окуляра. Указанная операция производится с помощью препароводителя. Исходная установка для производства угловых измерений показана на рис. XII—21. Прочитывают показания (с помощью нониуса) отсчетной шкалы поворота предметного столика микроскопа. Вращением предметного столика микроскопа совмещают кромку следа от поля нарезов на пуле с вертикальной нитью перекрестия шкалы окуляра (окулярного микрометра). Занимаемое при этом положение пули показано на рис. XII—20б. Прочитывают показания отсчетной шкалы поворота предметного столика. Раз-

ность между первым и вторым показаниями и будет искомым углом наклона следа от полей нарезов на пуле (крутизна следов). Указанные способы измерения углов наклона следов от полей нарезов применимы лишь к недеформированным пулям.

Для линейных измерений объектов, расположенных в труднодоступных местах, например, деталей микро-рельефа переднего среза (чашки) затвора, бойка ударника и т. п. или же на громоздких объектах, которые не-

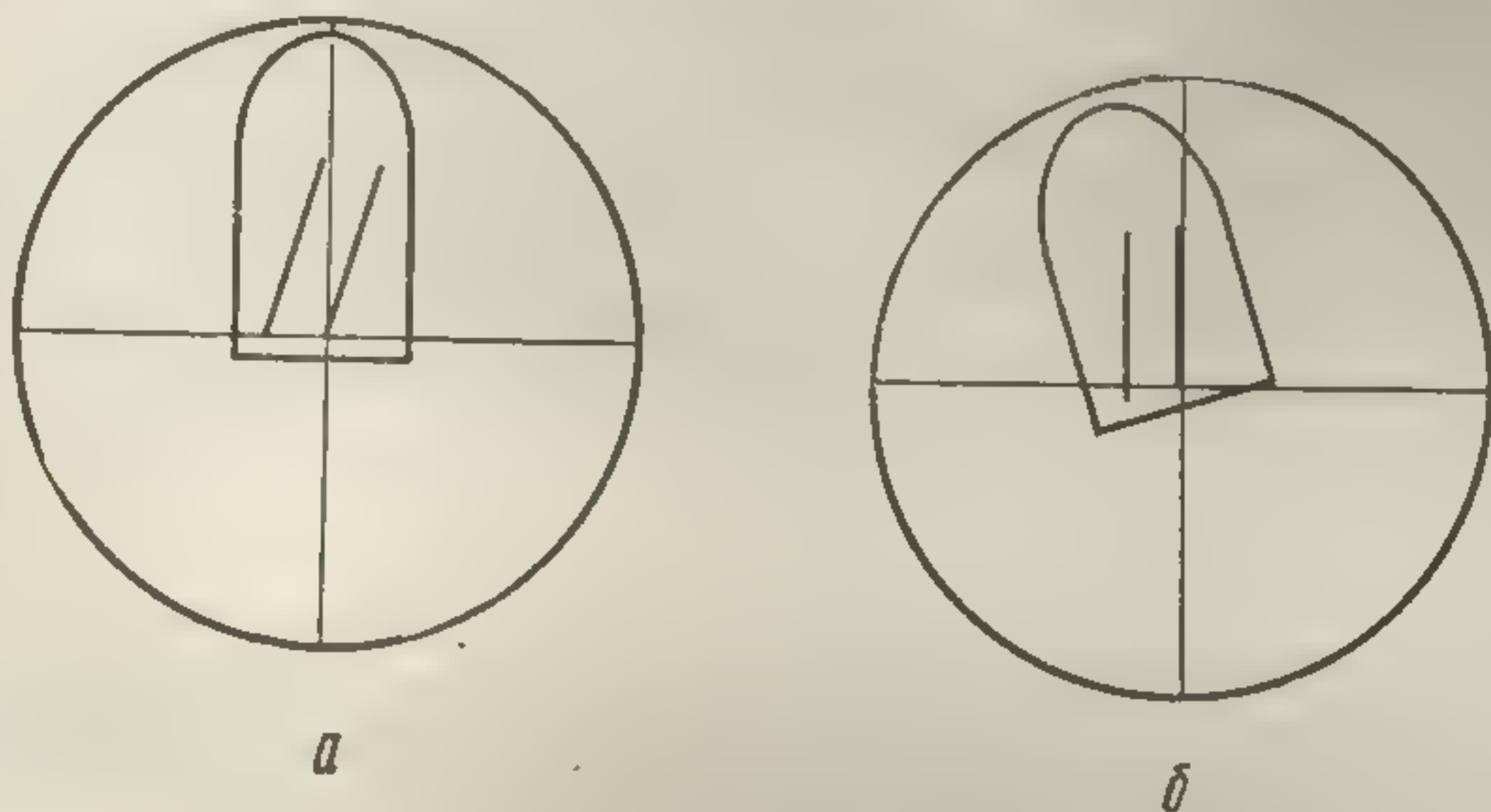


Рис. XII—21. Установка пули при измерении крутизны нарезов при помощи перекрестия

возможно поместить на столик микроскопа, удобно использовать телемикроскоп. Телемикроскоп представляет собой обычный микроскоп, у которого вместо осветительного устройства (конденсора и зеркала) с помощью муфты в конденсодержателе закреплен фотографический телеобъектив (рис. XII—22).

Лучи света от исследуемого объекта фокусируются фотографическим телеобъективом в фокальной плоскости, образуя «воздушное» изображение. Это изображение рассматривается через микроскоп, а объектомикrometer помещается не на предметном столике микроскопа, а на исследуемом объекте.

Измерение высоты или глубины исследуемого объекта может быть произведено с помощью микрометричного механизма перемещения тубуса микроскопа. Микроскоп фиксируется на нижний (или верхний) участок исследуемого объекта. Замечается показание шкалы барабана микрометричного механизма, после чего с помощью микрометричного механизма тубус микроскопа

поднимается (или опускается) до тех пор, пока в окуляре микроскопа не сфокусируется резко верхний участок (верхняя граница) или, соответственно, нижний участок. Замечают показания шкалы барабана микрометрического механизма. Разность между первым и вторым показаниями микрометрического механизма будет величиной, указывающей в микронах высоту измеряемого объекта. Надлежащая точность измерения достигается при выполнении следующих условий:

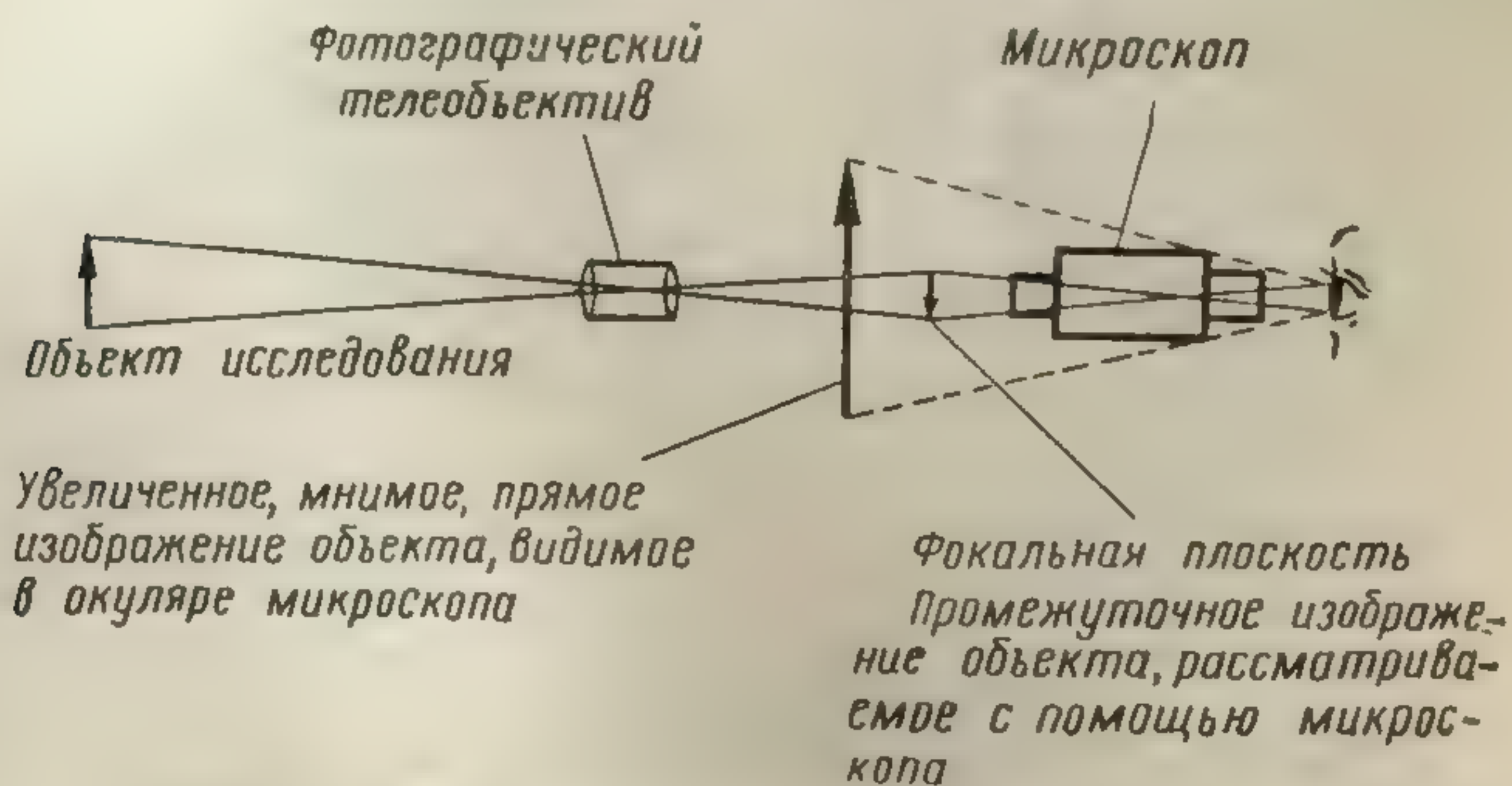


Рис. XII—22. Оптическая схема телемикроскопа

1. Тщательный учет «мертвого хода» микрометрического механизма перемещения тубуса микроскопа.
2. Для измерения необходимо применять микроскопические объективы с малой глубиной резкости (с собственным увеличением порядка $10\times$ — $40\times$), однако рабочее расстояние которых допускало бы нужную перефокусировку по глубине.
3. Измерения производить несколько раз, определяя среднее арифметическое значение.

Микроскопическое измерение высоты или глубины многих криминалистических объектов (при трасологических, баллистических и т. п. исследованиях) может быть произведено на двойном микроскопе МИС-11 (Линника). Производство измерений на указанном микроскопе основано на методе так называемого светового сечения.

Луч света в виде полоски направляется проектирующим микроскопом А на исследуемую поверхность объекта под углом 45° (рис. XII—23).

Под таким же углом с противоположной стороны через наблюдательный микроскоп Б производится исследование поверхности. Если световой луч падает на гладкую поверхность, то в наблюдательном микроскопе видна узкая, ровная (без изломов) световая полоска. Если же на поверхности имеются какие-либо неровности (углубления, возвышения), то световая полоска приобретает изгибы (рис. XII—24).

Путем измерения с помощью окуляр-микрометра величины излома световой полоски можно определить высоту или глубину неровности. Микроскоп МИС-11 позволяет измерять неровности в пределах 0,8—0,63 микрон.

в) Микроскопические методы измерения показателя преломления. Для измерения показателя преломления стекла могут применяться микроскопические методы:

- а) непосредственное измерение и
- б) иммерсионный способ.

Непосредственное измерение показателя преломления на микроскопе возможно лишь в отношении плоского (оконного и т. п.) стекла. Показатель преломления стекла определяется по формуле:

$$\text{Показатель преломления} = \frac{\text{истинная толщина стекла}}{\text{видимая (через микроскоп) толщина стекла}}$$

С помощью микрометра или штангенциркуля определяется толщина стекла. В местах замера толщины с обеих сторон стекла чернилами делают две точки на близком расстоянии друг от друга (контролируется при рассматривании стекла на просвет).

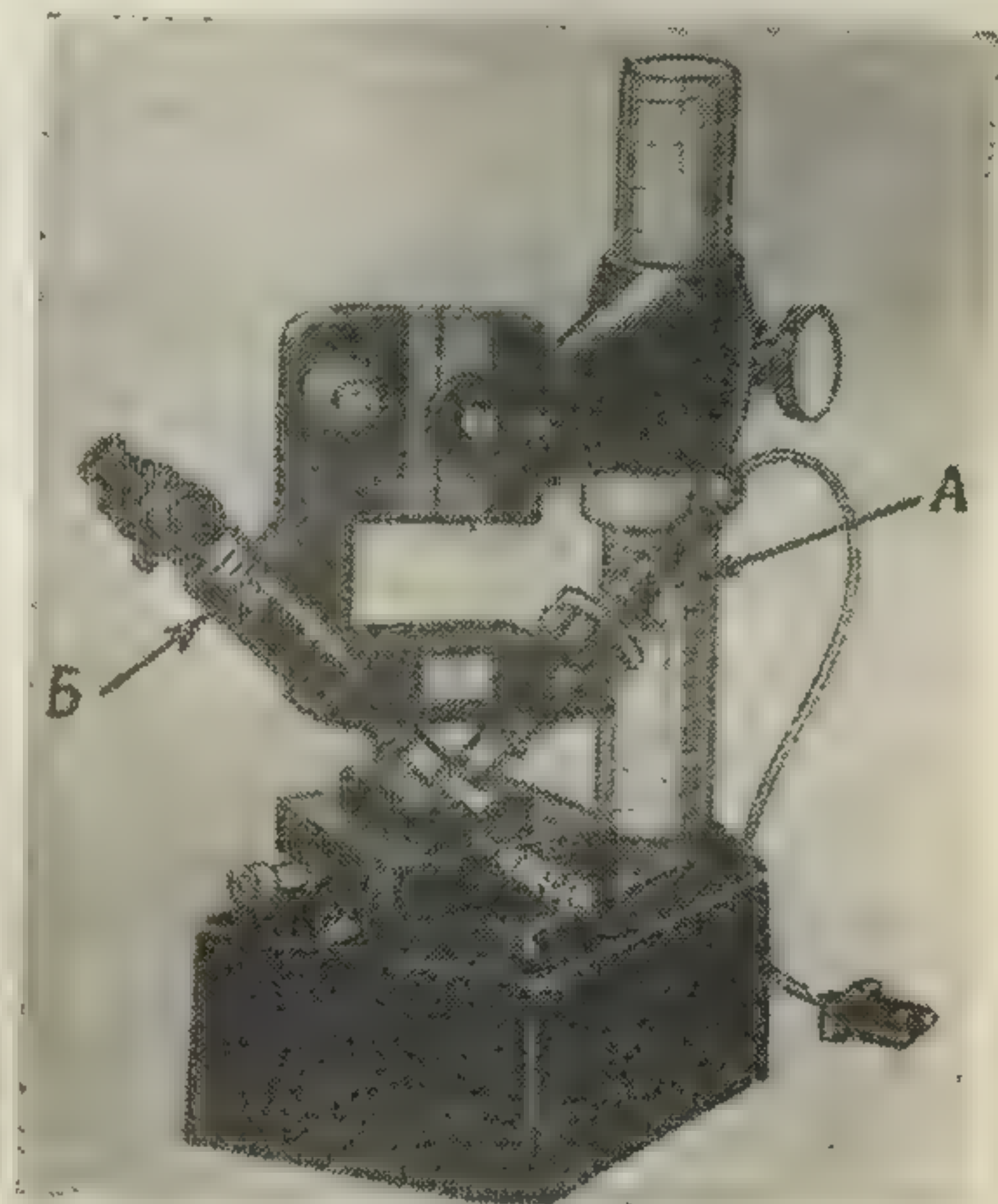
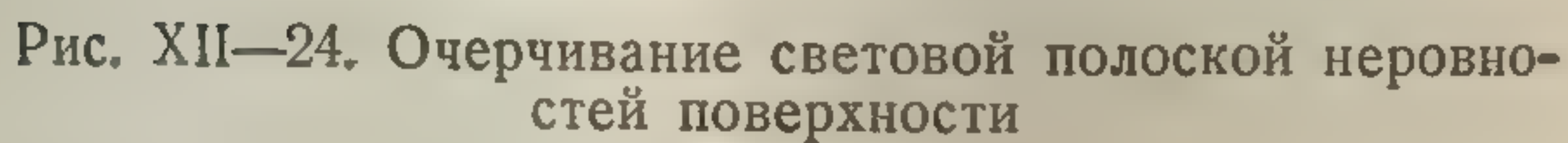


Рис. XII—23. Микроскоп МИС-11

Для измерения берут объективы со средним увеличением ($10\times$ — $20\times$), окуляры — $10\times$ — $15\times$. Видимая (через микроскоп) толщина стекла измеряется путем фокусировки микроскопа с помощью микрометрического механизма на нижнюю и верхнюю отметки красителя на стекле по методике, рассмотренной ранее.


$$n = \frac{2,151}{1,411} = 1,524$$

Описанный ранее способ определения показателя преломления позволяет получать значения с точностью до третьего десятичного знака.

274

же показав
вещества, со-
держащие на-
званиям пр-
видимости
двумого ст-
При нес-
называемой
Богач чер

Если чер
дать кусочек
ного в жидк
(поднимани
изображени
светлая узк

Если при
смещается
что показат
тель прелом
ния стекла
то перемеще
Когда совпа
кости, поло
димым !.

Для про
ния иммерс
наборы имм
от одного п
сутствии ста
его можно с
ганических
ломления пу
Измере
сис

Измерения
сионным спо
Мелкие к
шок. Крупн
порошка чер
свеченной пл
резают пред
желатина п

1 Полностью
хроматическом
чами.

же показателем преломления и дисперсией, какие имеет вещество, то последнее будет невидимо. Таким образом, имея набор жидкостей с известными различными показателями преломления, можно путем опробования «на видимость» определить показатель преломления исследуемого стекла.

При исследованиях стекла удобно пользоваться так называемой полоской Бекке.

Если через микроскоп в проходящем свете наблюдать кусочек прозрачного вещества (стекла), погруженного в жидкость, то при расфокусировании микроскопа (поднимании или опускании тубуса) вдоль темного изображения линий краев кристалла будет наблюдаться светлая узкая полоска — так называемая полоска Бекке.

Если при подъеме тубуса микроскопа полоска Бекке смещается внутрь (от краев к центру), то это значит, что показатель преломления стекла больше, чем показатель преломления жидкости. Если показатель преломления стекла меньше показателя преломления жидкости, то перемещение полоски будет в обратном направлении. Когда совпадает показатель преломления стекла и жидкости, полоска Бекке исчезает, кусочек делается невидимым¹.

Для производства измерений показателей преломления иммерсионным способом выпускаются специальные наборы иммерсионных жидкостей с плавным переходом от одного показателя преломления к другому. При отсутствии стандартного набора иммерсионных жидкостей его можно составить самостоятельно из нескольких органических жидкостей с известными показателями преломления путем их смешивания.

Измерение показателя преломления стекла иммерсионным способом состоит в следующем.

Мелкие кусочки стекла растираются в ступке в порошок. Крупные зерна отделяются путем просеивания порошка через мелкое сито. Из отфиксированной незажженной пластинки (лучше всего диапозитивной) вырезают предметные стекла. На увлажненный слой желатина предметного стекла помещаются крупинки

¹ Полностью кристалл делается невидимым только при монохроматическом освещении, например, при освещении желтыми лучами.

исследуемого стекла. Желатина просушивается вентилятором, и крупинки исследуемого стекла накрываются покровным стеклом. Препарат помещается на предметный столик микроскопа и с помощью стеклянной палочки под покровное стекло вводится иммерсионная жидкость. Для этого достаточно коснуться смоченной палочкой края покровного стекла. Наблюдение полосы Бекке производится с объективами средних увеличений $10\times$ — $20\times$.

Для освещения проходящим светом применяют плоскую сторону конденсорного зеркала микроскопа.

Для смены жидкости снимают покровное стекло и фильтровальной бумагой удаляют жидкость, после чего препарат промывается спиртом.

Наблюдение полосы Бекке дает точность до четвертого десятичного знака.

* * *

II. МИКРОФОТОГРАФИЯ

§ 1. Введение

Микрофотография является важнейшим методом исследования и фиксации при экспертизе документов, баллистических экспертизах, трасологических и ряде других.

К микрофотографии относится не только съемка через микроскоп, но и фотографирование с помощью одних только микрообъективов или же специальных микрофотографических объективов — «Микросуммаров», «Микропланаров» и т. д.

К микрофотографии можно отнести все виды съемки через микроскоп, съемки микроскопическими объективами, а также микрофотографическими объективами с фокусным расстоянием до 50 мм. К макрофотографии следует отнести съемку фотографическими объективами, а также микрофотографическими объективами, имеющими фокусные расстояния свыше 50 мм.

Основная цель микрофотографии — это выявление и фиксация невидимых и малоразличимых невооружен-

ным глазом объектов. Целью макрофотографии является фиксация в увеличенном виде для лучшего обозрения объектов, доступных обычному зрению.

§ 2. Микрофотографирование с одним объективом

При микросъемке с одним объективом объект съемки располагается между главным и двойным фокусным расстоянием объектива.

Микрообъектив образует изображение объекта на матовом стекле фотокамеры.

Изображение по отношению к объекту является увеличенным и обратным.

Линейное увеличение при микросъемке с одним объективом прямо пропорционально расстоянию от объектива до изображения и обратно пропорционально расстоянию от объектива до объекта.

Для определения увеличения пользуются двумя формулами:

$$\text{Расстояние от объектива до объекта} = \Phi + \frac{\Phi}{\text{заданное увеличение}}$$

$$\begin{array}{l} \text{Расстояние от объекта до плоскости} \\ \text{изображения} \end{array} = \Phi + \Phi \times \text{заданное увеличение}$$

Φ — главное фокусное расстояние примененного микрообъектива.

Например: при микрофотографировании с объективом, фокусное расстояние которого 35 мм, нужно получить 7-кратное увеличение изображения объекта. Исходные данные для микросъемки будут следующие:

$$\text{Расстояние от объектива до объекта . .} = 35 + \frac{35}{7} = 40 \text{ мм}$$

$$\begin{array}{l} \text{Расстояние от объектива до плоскости} \\ \text{изображения} \end{array} = 35 + 35 \times 7 = 280 \text{ мм}$$

У микрофотографических объективов фокусные расстояния указывают на оправках. На оправках микроскопических объективов, как правило, они не обозначаются. Для определения исходной установки в этом случае удобно пользоваться данными рабочих расстояний, указываемых в описаниях микроскопов.

Точное значение линейного увеличения микрофотографируемого объекта определяется с помощью объектомикрометра (большие увеличения) или же (малые и средние увеличения) с помощью шкалы с миллиметровыми делениями. Вместо фотографируемого объекта укладывается соответствующая шкала так, чтобы на матовом стекле резко спроектировались ее деления.



Рис. XII—25. Фотомикроскопическая насадка

Микрофотографирование с одним объективом дает возможность получать большое поле изображения и значительную глубину резкости.

К недостаткам микросъемки с помощью одного микрообъектива следует отнести:

1. Для получения значительных увеличений необходимо большое расстояние от объектива до поверхности светочувствительного слоя.

2. При употреблении объективов с малым фокусным расстоянием наводка на резкость требует большой тщательности. Кроме

того, малое рабочее расстояние создает трудности при освещении объекта. Вследствие этого в практике криминалистической экспертизы для данного вида микросъемки применяются микроскопические объективы с собственным увеличением до $20\times$.

Для микросъемки с одним объективом служат микрофотографические объективы — микроанастигматы. Они имеют различные наименования — микропланар, микросуммар и т. д. В большинстве случаев микроанастигматы снабжаются апертурными диафрагмами, позволяющими увеличить глубину резкости. При большом растяжении камеры микроанастигматы могут давать линейные увеличения порядка 25—40 раз и больше.

50 мм
ектив
Для
исполь
окуляр
тив д
ставку
ной фот
стоятель
Наса
усеченно
крепится
В нижне
для объе
закрепля
воротом
личным
обходим

§ 3.

При ф
объектив
располаг
главным
чтобы ок
изображе
ное объек
окуляра
скопа.

При м
ние объек
ным набл
будет увел
Линейное

Напомн
ражение в м
линзы), т.

Микроанастигматы с фокусным расстоянием до 50 мм могут применяться в микроскопе в качестве объективов также и в соединении с окулярами.

Для микросъемки с одним объективом может быть использован микроскоп (из тубуса которого удален окуляр), соединенный с фотокамерой, или микрообъектив для микросъемки ввинчивается в конусную приставку — насадку микрофотокамеры (или репродукционной фотокамеры), которую можно изготовить самостоятельно.

Насадка представляет собой конструкцию в форме усеченной пирамиды или конуса (рис. XII—25). Насадка крепится к объективной доске репродукционной камеры. В нижней части насадки расположено кольцо с резьбой для объектива или револьверное устройство, в котором закрепляются микрообъективы. Насадка позволяет поворотом револьверного кольца быстро переходить к различным увеличениям. Форма насадки обусловлена необходимостью освещения объекта осветителями.

§ 3. Микрофотографирование через микроскоп

При фотографировании через микроскоп с помощью объектива и окуляров объектив, как и в первом случае, располагается перед объективом микроскопа между главным и двойным фокусным расстоянием. Для того чтобы окуляр образовал действительное, а не мнимое изображение, первичное изображение объекта, построенное объективом, должно располагаться перед фокусом окуляра¹, что достигается передвижением тубуса микроскопа.

При микросъемке через микроскоп рабочее расстояние объектива увеличивается по сравнению с визуальным наблюдением. Построенное окуляром изображение будет увеличенным и прямым по отношению к объекту. Линейное увеличение при микросъемке через микроскоп

¹ Напомним, что при визуальном наблюдении первичное изображение в микроскопе проектируется в фокусе окуляра (глазной линзы), т. е. в плоскости окулярной диафрагмы.

равно увеличению при визуальном наблюдении в том случае, если изображение проектируется на расстоянии 250 мм от глазной линзы окуляра.

Если же растяжение меха фотокамеры будет меньшим или большим, то соответственно изменяется и линейное увеличение изображения.

Линейное увеличение при микросъемке через микроскоп определяется с помощью объект-микрометра или миллиметровой шкалы, как было описано ранее.

При микросъемке через микроскоп поле изображения так же, как и при визуальном наблюдении, ограничивается полевой диафрагмой окуляра. Поле изображения будет тем меньше, чем больше увеличение примененных при микросъемке объективов и окуляров.

Фокусировка изображения при микросъемке через микроскоп производится вращением макро- и микрометрических винтов микроскопа.

При микросъемке через микроскоп изображение объекта проектируется в конечном счете глазной линзой окуляра, которой, как и вообще всякой простой линзе, присущи оптические погрешности (абберации). Вследствие этого возникает нечеткость изображения по краям снимка, особенно при больших увеличениях. Кроме того, при микрофотографировании с объективами-апохроматами невозможно одновременно получить на снимке резкое изображение центра поля и его краев (кривизна поля). Объективы-ахроматы по сравнению с апохроматами имеют меньшую кривизну поля.

Для устранения указанных недостатков микросъемку с объективами-ахроматами следует производить в сочетании с ортоскопическими окулярами или фотоокулярами, съемку же с объективами-апохроматами — с компенсационными окулярами.

Для микрофотографических целей употребляются так называемые усиливающие системы — окуляры типа «Гомаль». Гомали представляют собой отрицательную (рассеивающую) систему, пользоваться которой в качестве окуляра для визуального наблюдения нельзя. Гомали дают плоское, четкое изображение по всему полю. Однако диаметр оправы гомалей больше диаметра обычных микроскопических окуляров, ввиду чего для них необходимы специальные переходные тубусы.

§ 4. Глубина резкости при микросъемке

Глубина резкости при визуальном наблюдении через микроскоп больше глубины резкости при микрофотографировании. Объясняется это аккомодационной способностью глаза.

При производстве микросъемки с помощью микрофотографических объективов получение достаточной глубины резкости облегчается апертурными диафрагмами, которыми снабжены эти объективы. Значительные трудности возникают при микрофотографировании с микроскопическими объективами, которые имеют незначительную глубину резкости.

При микрофотографировании с малыми и средними увеличениями (объективы от $1\times$ до $20\times$) глубину резко изображаемого пространства можно значительно увеличить, производя микросъемку с дополнительными апертурными диафрагмами.

При микроскопическом исследовании криминалистических объектов в подавляющем большинстве случаев разрешающая способность объективов микроскопа (малых и средних увеличений) полностью не используется, ввиду чего некоторая потеря разрешающей способности, вызванная дополнительным диафрагмированием, практически не приводит к ухудшению качества изображения.

Дополнительные апертурные диафрагмы могут быть изготовлены в виде колпачков цилиндрической формы или в форме усеченного конуса, изготовленных из латуни, меди, пластмассы.

Колпачки имеют отверстия (величину диафрагмы) диаметром от 0,5 до 1,5 мм и надеваются на оправу микрообъектива впереди фронтальной линзы (рис. XII—26).

Для увеличения глубины резкости в стереоскопических микроскопах МБС-1 и МБС-2 дополнительные



Рис. XII—26. Микрообъективы с дополнительными апертурными диафрагмами

апертурные диафрагмы в виде пластинчатых бленд с размерами отверстий от 0,8 мм до 2,5 мм помещаются в микроскопе перед ахроматическими линзами с фокусным расстоянием 160 мм.

§ 5. Микрофотографические аппараты

Микрофотографическую аппаратуру можно разделить на три основных группы: микрофотографические установки, микрофотонасадки и камеральные микроскопы, в которых оптическая система микроскопа конструктивно объединена с фотокамерой в одно целое.

Микрофотографические установки (например ФМН-3) представляют собой крупноформатные камеры (размером от 9×12 см до 18×24 см и больше) с раздвижным мехом. Микрофотографические установки бывают горизонтального и вертикального типа.

Для производства микросъемки микроскоп устанавливается на площадку микроустановки. Соединение микроскопа с фотокамерой производится посредством светонепроницаемой муфты.

Микрофотографические установки позволяют получить микроснимки с большим непосредственным увеличением, снимок не требует дополнительного увеличения, на нем легче оценить качество негатива. Наводка на резкость осуществляется по матовому стеклу фотокамеры или же (при больших увеличениях) по прозрачному плоскопараллельному стеклу, вставленному вместо матового стекла. В последнем случае наводка на резкость производится с помощью лупы, установленной на стекло. Можно также поверхность матового стекла слегка смазать маслом или глицерином.

Отечественной промышленностью выпущена универсальная фотографическая установка ФМН-2 (рис. XII—27), позволяющая производить микросъемку как с помощью микрообъективов, так и микроскопов.

Микрофотонасадки конструктивно выполняются в виде специальных камер с постоянным расстоянием до пластинки или пленки и устанавливаются непосредственно на тубус микроскопа.

Нашей промышленностью выпускаются микрофотографическая насадка МФН-1 с камерами МФК-1 (раз-

мер
9 x 1
x 36
МБС
М
КОВЫ
с дно
резко



Рис. XII

Микр
гут выз
кросьем
В пр
менение
малофо
«Киев»,
меры с
«Экзакт
У к
констру
микроко
В дан
объекти

мер снимка $6,5 \times 9$ см), МФК-2 (размер снимка 9×12 см), МФК-3 (плёночная, размер кадра 24×36 мм) и насадка МФН-5 (для стереомикроскопов МБС-1, МБС-2).

Микрофотонасадка снабжена фотозатвором со спусковым тросиком и трубой для визуального наблюдения с диоптрийным механизмом для установки окуляра на резкость.

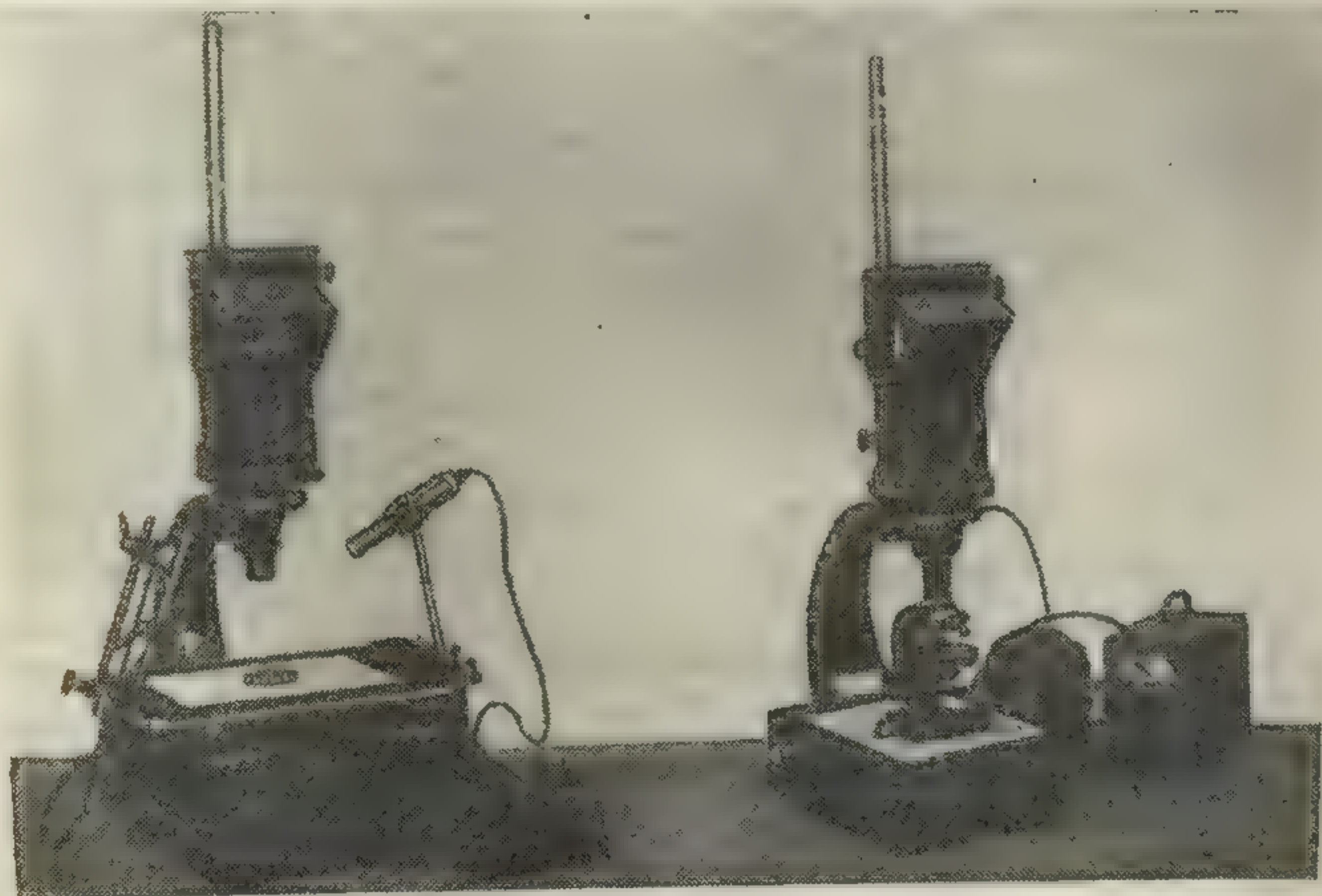


Рис. XII—27. Универсальная фотографическая установка ФМН-2

Микрофотонасадки, обладая значительным весом, могут вызывать сползание тубуса микроскопа во время микросъемки, что влечет за собой нерезкость микроснимков.

В практике микрофотографии нашли широкое применение простые микрофотонасадки с использованием малоформатных фотокамер типа «ФЭД», «Зоркий», «Киев», «Зенит». Особенно удобны малоформатные камеры с зеркальной наводкой на резкость — «Зенит», «Экзакта» и т. д.

У камеральных микроскопов система микроскопа конструктивно объединена с фотокамерой, например в микроскопе МИМ-6.

В данном микроскопе в ход лучей света, идущих от объектива к окуляру, включена отражательная призма.

Для фотографирования необходимо вывести ее из хода лучей. При этом лучи света пройдут через фотоокуляр и отразятся зеркалом (с наружным серебрением) на матовое стекло фотокамеры.

§ 6. Методика микрофотографии

В практике микроскопического исследования вещественных доказательств существенную роль играют светофильтры в качестве средств для изменения цветового контраста объекта (см. главу VII «Светофильтры»).

Для микрофотографии требуются фотоматериалы, обладающие, как правило, малым зерном, минимальной вуалью и имеющие значительную разрешающую способность.

Печать позитива желательно производить на глянцевых или особо глянцевых фотобумагах.

Определение правильной выдержки при микрофотографировании требует учета многочисленных и разнообразных факторов. На продолжительность выдержки при микрофотографировании оказывают влияние: источник света (интенсивность и спектральный состав излучения); кратность примененного светофильтра; природа объекта (плотность, окраска); фокусное расстояние, апертура объектива и конденсора микроскопа; тип и фокусное расстояние окуляра; диаметр отверстий апертурных диафрагм; растяжение камеры, свойства негативного материала и др.

Для определения выдержки при микрофотографии сконструированы специальные фотоэлектрические экспонометры. В них фотоэлемент помещен в специальный патрон, форма и размеры которого соответствуют окуляру микроскопа. Для замера освещенности (яркости микрофотографируемого объекта) фотоэлемент вставляется в тубус микроскопа на место окуляра. Недостатком указанного экспонометра является то, что он указывает общую освещенность кадра.

Практически наилучшим способом определения выдержки при микросъемке является способ пробы.

С этой целью на тыльной стороне шторки кассеты микрофотокамеры наносится шкала. При микрофотографировании шторка кассеты в начале экспонирования

полностью выдвинута. Через выбранный промежуток времени (например, через 1 секунду) шторка вдвигается в кассету на величину деления шкалы. В результате этого на негативе получаются полосы различных почернений в зависимости от выдержки.

Для получения пробного градационного негатива не рекомендуется выключение осветителя. Следует пользоваться или затвором микрофотокамеры, или же светонепроницаемой заслонкой, которой перекрывается пучок света, идущий от осветителя.

Микрофотографическая съемка предъявляет особые требования к устойчивости аппаратуры и отсутствию ее сотрясений; установку микрофотографической аппаратуры производят обычно в местах, где пол и стены не подвергаются сотрясениям. С целью устранения вибрации под ножки стола, на котором располагается микроскоп, подкладываются пластинки резины.

При микрофотосъемке на микроустановках необходимо следить за тем, чтобы центр поля изображения совпадал с центром матового стекла, иначе может иметь место неравномерность освещения светочувствительного материала. Центрировка производится перемещением микроскопа.

В практике криминалистических экспертиз микро съемка часто производится с относительно небольшим увеличением. Для предотвращения попадания в объектив микроскопа постороннего света необходимо помещать вблизи микроскопа ширму-экран.

Для получения надлежащего эффекта на снимке иногда необходимо применить дополнительные приемы: комбинированное освещение (в проходящем и отраженном свете), употребление экранов-подсветок, придание соответствующего угла наклона объекту относительно оптической оси микроскопа.

Наиболее важные детали и участки микрофотографируемого объекта должны располагаться в центре и быть наиболее резкими.

§ 7. Особые случаи микро съемки

Для цветоделительной микро съемки необходим выбор соответствующих светофильтров и фотографических материалов, изложенный в главе VIII. Более грубый

выбор светофильтров можно осуществлять путем визуального наблюдения под микроскопом объекта при освещении его через различные светофильтры. Для этого исследования необходимо затемненное помещение. Микроскопические осветители следует снабдить держателями для светофильтров. Однако визуально наблюдаемая картина будет лишь приближенно соответствовать снимку ввиду различия цветочувствительности глаза и фотографической эмульсии.

Достаточно точным и практически эффективным способом выбора светофильтров для цветоделительной микросъемки является метод фотометрирования исследуемых объектов с помощью фотометра «ФМ».

Светофильтры при микросъемке удобнее всего располагать между источником света и объектом. В этом случае светофильтры помещаются в фильтродержатели осветителей и съемка производится в затемненном помещении. Стеклопленочные или желатиновые светофильтры могут также помещаться в фотокамеру.

Цветная микросъемка производится на многослойных цветофотографических материалах.

Значительные возможности цветной микрофотографии заключаются в методах маскирования.

Ввиду несовершенства красителей и цветоделительных свойств цветных материалов цветопередача на цветном микроснимке часто искажается: синие цвета выходят слишком затемненными, фиолетовые — излишне красными.

В технико-криминалистической экспертизе документов значительные затруднения вызываются невозможностью откорректировать на микроснимке цвет красителя штрихов без изменения цветопередачи фона бумаги (часто белого).

В этих случаях может быть рекомендован нижеследующий несложный прием маскирования для улучшения цветопередачи. С цветного объекта (например, штрихи записи на бумаге) микрофотографированием последовательно изготавливается два негатива: один черно-белый с применением светофильтра, контрастирующего изображения как цветного объекта, другой — цветной. Черно-белый негатив-маска складывается с цветным негативом так, чтобы контуры изображения были точно

совмещены. По краям негативы склеиваются (клей «БФ»). С указанных совмещенных двух негативов производится печать на цветную фотобумагу через корректирующие светофильтры.

Помимо улучшения цветопередачи, метод маскирования имеет большое значение в качестве приема для получения микроснимков с цветовой трансформацией (см. главу IX).

Например, для иллюстрации того обстоятельства, что в штрихах, выполненных темно-синим красителем, числа «1939» (обозначение года рождения в паспорте) содержатся штрихи, написанные черным красителем, причем на месте цифры «3» обнаруживались остатки черного красителя штрихов удаленной подчисткой цифры «4», была применена микросъемка с использованием цветовой трансформации.

В изложенном случае был применен следующий прием: микрофотографированием с одной и той же установкой были получены два черно-белых негатива исследуемого числа. Первый негатив — маска. Съемка производилась с желтым светофильтром. Вторым негатив — цветоделенный — выполнен с применением синего интерференционного светофильтра. С цветоделенного негатива отпечатывался негатив, который подвергался вирированию в синий цвет (вирировать можно в любой цвет). Отвирированный позитив совмещается с маской и печатается на цветную бумагу через корректирующий светофильтр (выбор последнего определяется желанием получить те или иные цвета). Рис. XII—28.

Для стереомикросъемки обычно используются стереоскопические микроскопы, например МБС-1 (МБС-2). Отечественной промышленностью для стереомикросъемки на этом микроскопе выпускается микрофотонасадка МФН-5 с камерой «Зенит».

При фотографировании с этой насадкой на одном кадре получаются два снимка, которые после увеличения монтируются в одну стереопару. Не менее эффективными являются стереофотонасадки иного типа.

Например, на микроскопе МБС стереомикросъемка осуществляется настольной микроустановкой, изготовленной на базе штатива от препарировальной лупы и фотокамеры «Фотокор».

Для получения стереопары фотографирование производится последовательно через правый и левый окуляры микроскопа.

Простая фотонасадка для стереомикросъемки на микроскопе МБС состоит из кассетной части и двух трубок, которыми она надевается на окулярные трубки



Рис. XII—29. Стерефотонасадка для микроскопа МБС

микроскопа (рис. XII—29). Кассетная часть изготовлена под кассеты размером 9×12 см фотокамеры — «Фотокор».

Для стереомикросъемки может быть использован обычный монокулярный микроскоп. Существует несколько способов получения микростереопар с помощью обычного микроскопа. Практическое значение для криминалистических исследований имеет прием стереомикрофотографии, при котором происходит горизонтальное смещение объекта съемки. Сущность способа состоит в том, что изображение микрообъекта для правого глаза фотографируется через микроскоп, когда объект смещен в левое крайнее положение, а для левого глаза — в пра-



Рис. XII—28

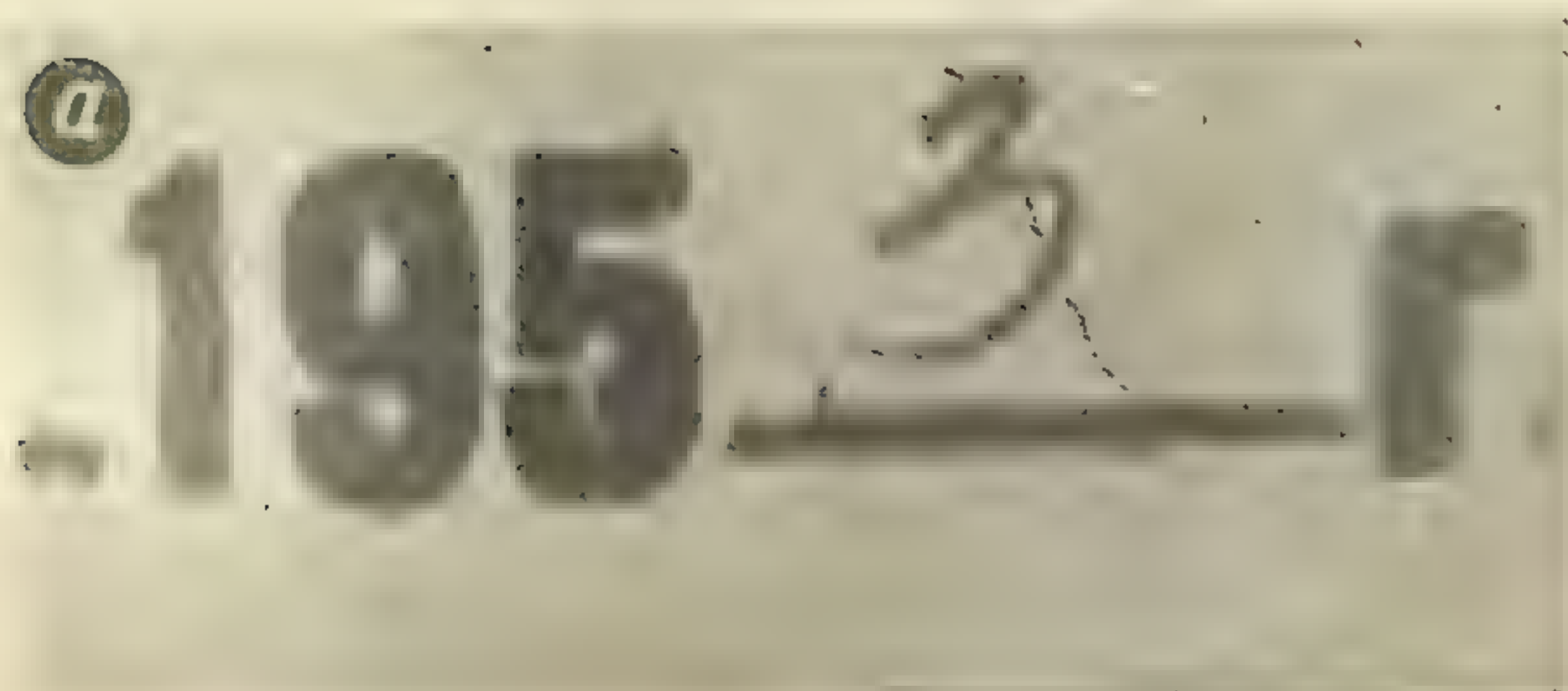


Рис. XX—10

...отечественной
...технически
...лучше.

Для получения
в криминалистике
эффект полу-
при котором
бражения с
пластинки ра-

Для рас-
ляются те же
тике стереоско-

Техника т
не отличается
ники. Микро-
вых лучах оп-

С успехом
фии в ультра-
летовый (лю-

Оптика м
линзовая) не
создает неко-
скопа для кр

Малые ув
мощью свинч
денсора этог
ния линзу сл

Используй
ультрафиолет
вую) оптику.

Чистый г
лучей (до 2-
в круглое от

руется в нем
мощью тако
ные микро-

Методика
списана в г
Микрофо-
летовых и и

вое крайнее положение. Величина смещения объекта, отсчитываемая по шкале препаратоводителя, зависит от масштаба изображения: чем больший масштаб изображения, тем меньшая величина смещения объекта. Практически величина смещения устанавливается опытным путем.

Для подавляющего большинства стереомикросъемок в криминалистических экспертизах нормальный стереоэффект получается при смещении объекта на величину, при которой два последовательно экспонируемых изображения смещаемого объекта не выходят за границы пластинки размером 9×12 см.

Для рассматривания стереомикроснимков употребляются те же стереоскопы, которые применяются в практике стереоскопической фотографии.

Техника телемикрофотографии принципиально ничем не отличается от обычной микрофотографической техники. Микрофотосъемка в отраженных ультрафиолетовых лучах описана в главе XVII.

С успехом может быть применен для микрофотографии в ультрафиолетовом свете портативный ультрафиолетовый (люминесцентный) осветитель ОИ-18.

Оптика микроскопа МУФ-3 (кварцевая, зеркально-линзовая) не имеет объективов малых увеличений, что создает некоторые ограничения в применении микроскопа для криминалистических исследований.

Малые увеличения могут быть легко получены с помощью свинчивающихся верхних линз кварцевого конденсора этого микроскопа. Для микрофотографирования линзу следует снабдить апертурной диафрагмой.

Использовать для микрофотосъемки в отраженном ультрафиолетовом свете можно жидкую (глицериновую) оптику.

Чистый глицерин прозрачен для ультрафиолетовых лучей (до 220 мкм). При помещении капли глицерина в круглое отверстие небольшого диаметра капля фиксируется в нем, принимая форму оптической линзы. С помощью такой линзы можно получать удовлетворительные микроснимки.

Методика микрофотографии в инфракрасных лучах описана в главе XVI.

Микрофотосъемку в невидимых лучах (ультрафиолетовых и инфракрасных) следует производить в затем-

1951
1956
ненном помещении, так как экраны — заградители не всегда предохраняют от попадания в объектив постороннего света.

Микросъемка люминесценции, возбуждаемой ультрафиолетом, описана в главе XVIII.

Для микрофотографирования видимой люминесценции не следует применять больших увеличений. Получение необходимого масштаба изображения лучше осуществлять при печати.

Микрофотографирование видимой люминесценции, возбуждаемой ультрафиолетом, производится на сенсibilизированных материалах высокой чувствительности. Сенсibilизация материала должна соответствовать спектральному составу излучения люминесценции, который следует учитывать и при выборе светофильтров.

Для микрофотографирования инфракрасной люминесценции (см. главу XVIII) нужны интенсивные источники света, например, осветители с лампами СЦ62 (12 в, 100 вт). В качестве светофильтра для исключения инфракрасных лучей из потока света, идущего от осветителя, могут применяться жидкие фильтры (раствор медного купороса) или стеклянные — СЗС-8, СЗС-10. Для поглощения лучей видимого света обычно используют фильтр КС-19, который помещается непосредственно в микрофотографическую камеру.

ЛИТЕРАТУРА

- Т. И. Соколова, Современные методы и техника морфологических исследований, Медгиз, Л., 1955, стр. 41—62.
Н. Н. Кудряшов, Б. А. Кончаров, Н. К. Классон Специальные виды фотосъемки макро-микро- и стереофотосъемка, М., 1955.
Г. И. Роскин, Микроскопическая техника, М., 1957.
В. Ромейс, Микроскопическая техника (пер. с немецкого), М., 1953.
Appelt H., Einführung in die mikroskopischen Untersuchungsmethoden, Leipzig, 1945, s. 138—139.
К. Михель, Основы теории микроскопа (пер. с немецкого), М., 1955.
С. Сельг, Советская криминалистика на службе следствия, вып. 8, М., 1956.

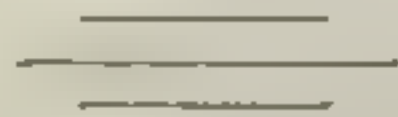
Ч. Шиллабер, Микрофотография (пер. с английского), М., 1951.

Под редакцией Захарьевского, «Вопросы микроскопии», М.-Л., 1956.

Тяжелов, Оптические измерения, Л.-М., 1939.

Белянкин, Кристаллооптика, М., 1949.

Л. А. Артюшин. «Советское фото», 1957 г. № 1.



Глава XIII

ИССЛЕДОВАНИЕ В ПОЛЯРИЗОВАННОМ СВЕТЕ

§ 1. Понятие о поляризованном свете

В отношении распространения света все прозрачные тела можно разделить на две группы. В телах первой группы оптические свойства одинаковы по всем направлениям, и свет в них распространяется с одинаковой скоростью независимо от направления, такие тела называются изотропными. В некоторых же кристаллах, имеющих правильное строение, скорость распространения света зависит от направления. В таких телах, называемых анизотропными, оптические свойства различны по разным направлениям.

Световой луч, падающий на подобный кристалл, разделяется на два луча, распространяющиеся с различной скоростью и имеющие различные показатели преломления.

Вследствие этого, если мы посмотрим на какой-либо предмет, например, через прозрачный кристалл исландского шпата, то увидим у этого предмета двойные контуры (рис. XIII—1).

Описанное выше явление носит название двойного лучепреломления, а оба полученных таким образом луча поляризованными.

Сущность поляризации света заключается в следующем.

Световые волны являются волнами поперечными, т. е. такими, в которых направление колебаний перпендикулярно направлению распространения волны.

В свете, излучаемом каким-либо источником, как правило, представлены поперечные колебания любого направления и притом в одинаковой мере, так что ни одно направление не является преимущественным.

При прохождении через кристалл исландского шпата естественный световой луч, у которого колебания происходят в любых направлениях, распадается на два поляризованных луча, колебания в которых происходят в двух взаимно перпендикулярных направлениях. Поляризованный луч, следовательно, отличается от неполяризованного тем, что в нем колебания происходят только в одном направлении.

На явлении двойного лучепреломления основано устройство приборов для получения поляризованного света — поляризаторов. Одним из распространенных поляризаторов является призма Николя или, как ее называют, — николь. Призма эта устроена таким образом, что один из поляризованных лучей претерпевает полное внутреннее отражение и поглощается оправой призмы. Поэтому через николь проходит только один поляризованный луч (на рис. XIII—2) тот, в котором колебания совершаются в плоскости, перпендикулярной плоскости чертежа.

Если на пути поляризованного луча поставить второй николь, называемый анализатором, то свет пройдет через него только в том случае, если направление колебаний поляризованного луча совпадает с направлением колебаний, пропускаемых анализатором. Если направление колебаний света, прошедшего через поляризатор, перпендикулярно к направлению, пропускаемому анализатором, то свет будет полностью задержан, как это показано на рис. XIII—3.

В том случае, когда плоскости колебаний проходящего света в обоих николях имеют одинаковое

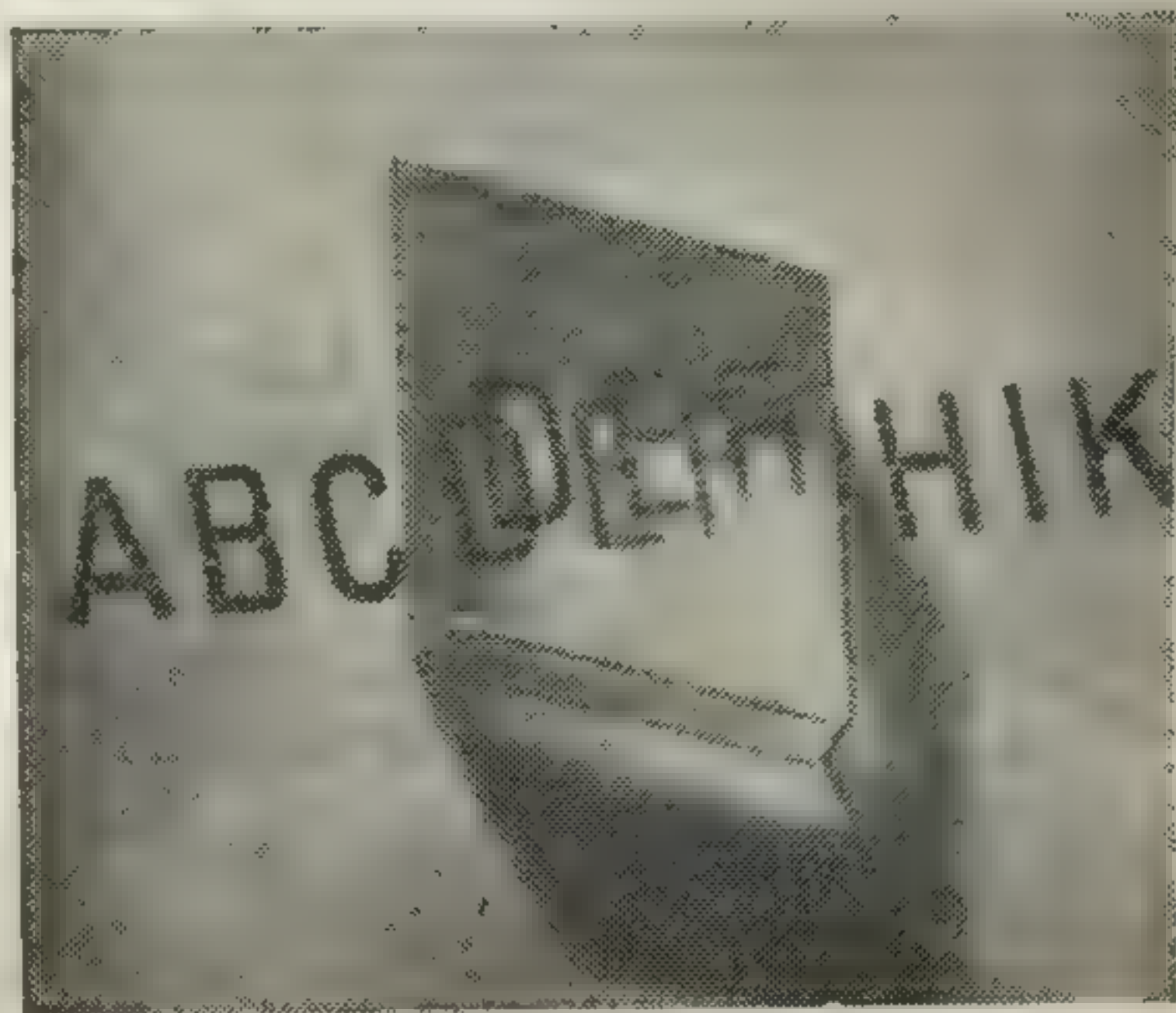


Рис. XIII—1. Двойное лучепреломление в кристалле исландского шпата

направление, говорят, что николи параллельны, если же плоскости колебаний проходящего света в обоих николях взаимно перпендикулярны, то в этом случае николи

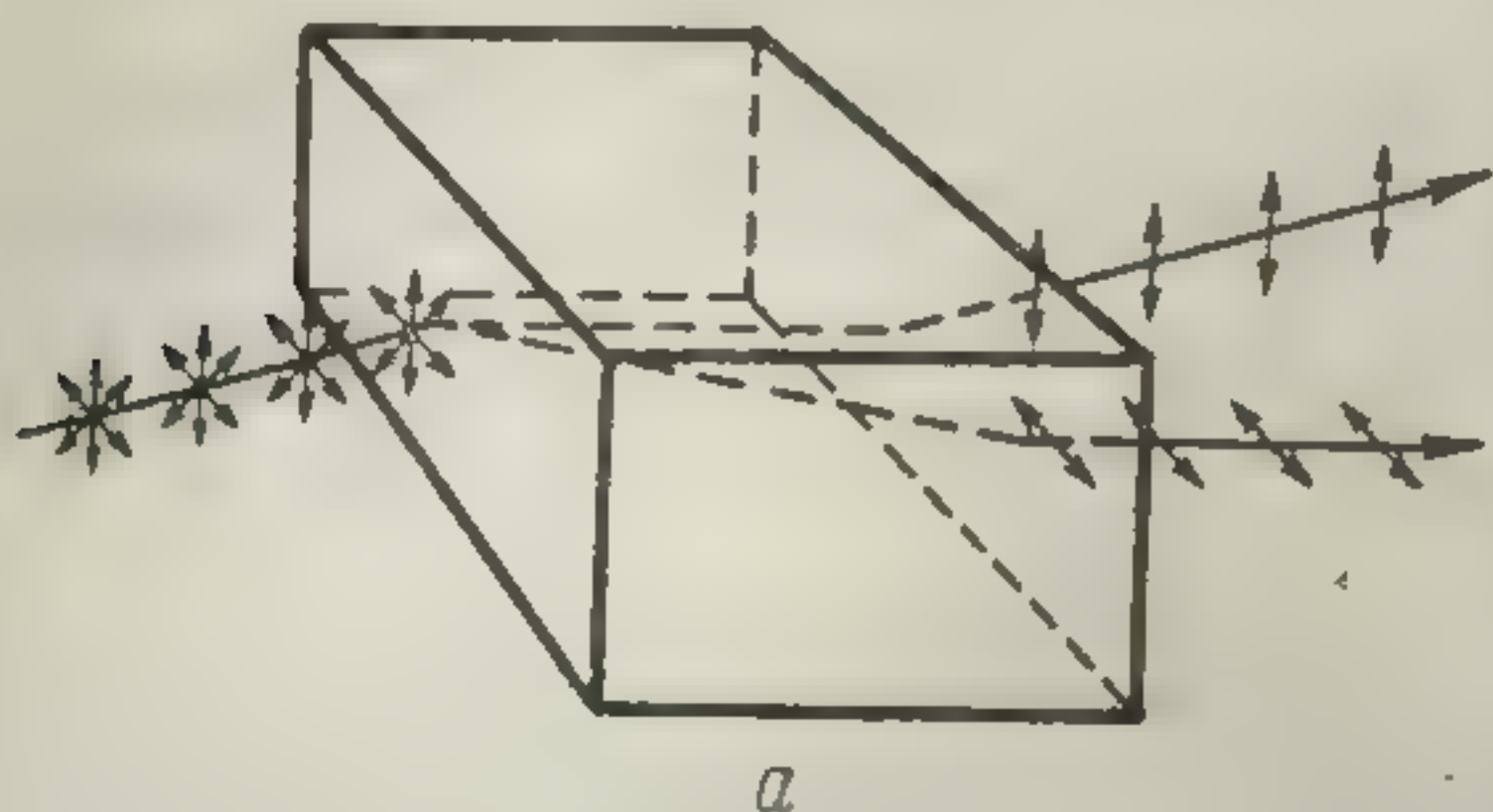


Рис. XIII—2. Разложение светового луча на два поляризованных

луча. Степень поляризации лучей при отражении зависит от угла падения лучей на поверхность. Отраженный луч

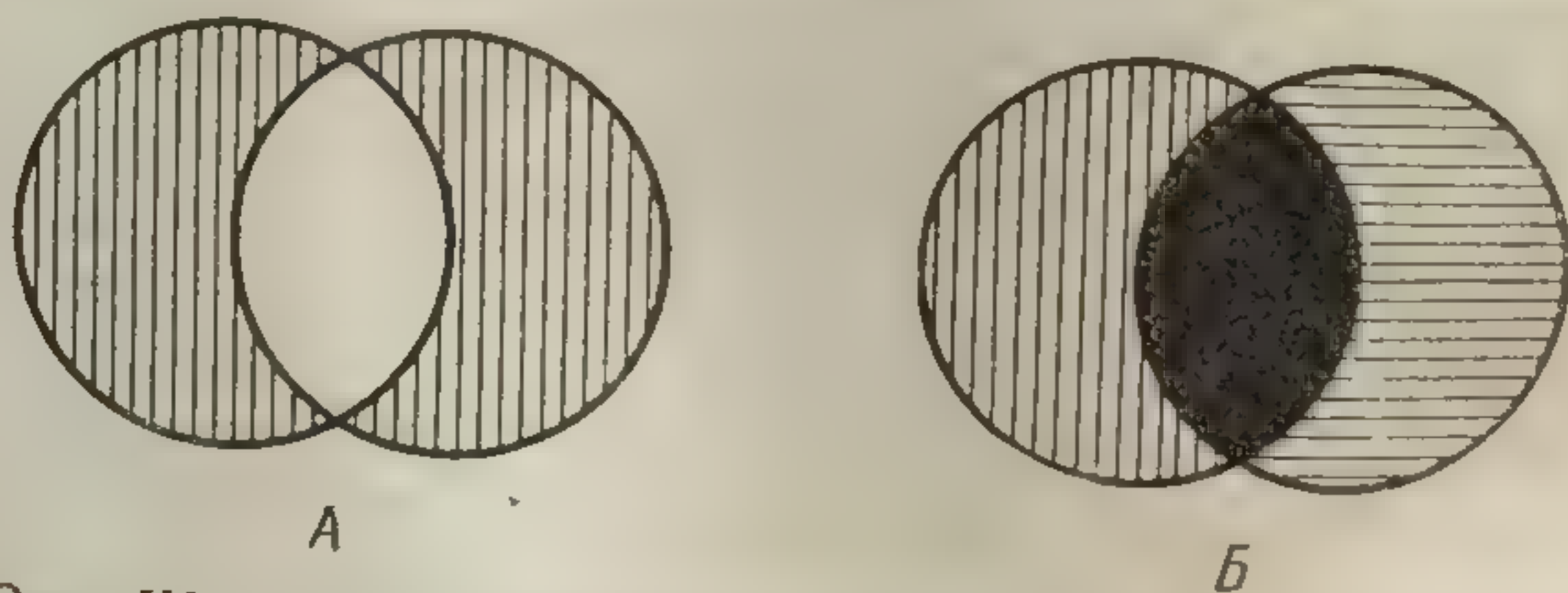


Рис. XIII—3. Прохождение луча при параллельных и скрещенных николях

становится полностью поляризованным при угле падения, равном углу полной поляризации J_0 . Угол J_0 зависит от показателя преломления n отражающего вещества и связан с ним соотношением:

$$\tan J_0 = n$$

Для с
но, угл

Из
ся пла
ной по
При
объект
поляри
время,
сеянные
тельной
ризуют

§ 2

Для
ризован
нिकелей
ся знач
шевыми
филтра
идами. Р
получен
зывается
что в не
но, в за
тате это
при двой
ностью.

Поляр
пленку, э
ми оптич
ультрами
чатой фор
сятся на
тонкого с
тированы

Герапат
бисульфата х

Для обычного (оконного) стекла $n = 1,52$, следовательно, угол полной поляризации

$$J_0 = 56^\circ 40'$$

На практике иногда для поляризации света пользуются пластинкой черного стекла (марблит), установленной под углом, равным углу полной поляризации.

При освещении поляризованным светом какого-либо объекта зеркально отраженный луч будет оставаться поляризованным в то время, как диффузно рассеянные лучи в значительной степени деполяризуются.

§ 2. Поляроиды

Для получения поляризованного света вместо николей часто пользуются значительно более дешевыми поляроидными фильтрами или поляроидами. В поляроидах для получения поляризованного света используется так называемое явление дихроизма, заключающееся в том, что в некоторых кристаллах лучи поглощаются различно, в зависимости от направления колебаний. В результате этого один из поляризованных лучей, возникающих при двойном лучепреломлении, поглощается почти полностью.

Поляроид представляет собой поляризующую свет пленку, заклеенную между двумя бесцветными плоскими оптическими стеклами. Для получения такой пленки ультрамикроскопические кристаллики герпатита¹ игольчатой формы, взвешенные в растворе целлулоида, наносятся на бесцветную ацетил-целлюлозную пленку в виде тонкого слоя, в котором все иголочки герпатита ориентированы в одном направлении. Размеры подобных

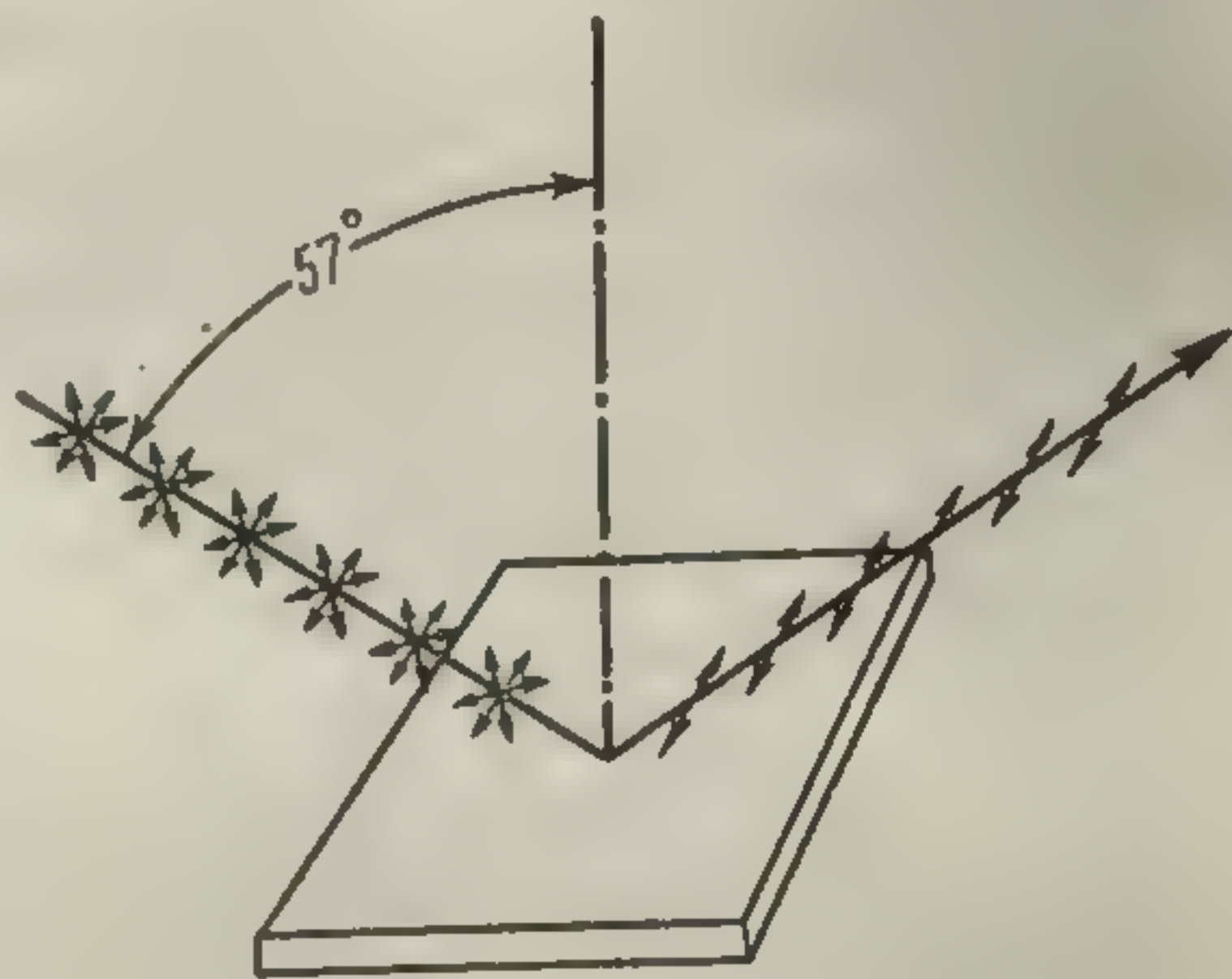


Рис. XIII—4. Угол полной поляризации

¹ Герпатит — соединение йода, йодисто-водородной кислоты и бисульфата хинина с общей формулой:



фильтров могут быть велики и доходить до нескольких десятков квадратных сантиметров. Процент поляризации, даваемый этими фильтрами в интервале длин волн от 4000 до 7000 Å, составляет около 99%. В области более длинных волн процент поляризации падает; лучи же с длиной волны короче 4000 Å полностью поглощаются.

В настоящее время выпускаются поляроидные пленки нового типа, полученные путем йодирования и растягивания пленки из пластмассы. Эти поляроиды дают еще более высокую степень поляризации, и, кроме того, хорошо поляризуют также и красные лучи. При скрещивании они дают почти черное поле зрения лишь с легким темно-фиолетовым оттенком. Окраска их в проходящем свете близка к нейтральной серой с легким зеленовато-голубым оттенком.

Поляроиды не выдерживают действия высоких температур и быстро выходят из строя при температурах порядка 100°. Устанавливая поляроиды перед источником света, нужно иметь в виду это обстоятельство и следить за тем, чтобы температура их не повышалась выше 50—60°.

Обычно поляроиды выпускаются в виде круглых или четырехугольных стеклянных пластинок, между которыми заклеена поляроидная пленка. При фотографировании такой фильтр надевается на объектив, а при визуальном рассматривании устанавливается перед глазом наблюдателя и поворачивается до тех пор, пока не будет достигнут желаемый эффект.

§ 3. Применение поляризационных фильтров при криминалистических исследованиях

Благодаря тому, что свет, зеркально отраженный от неметаллических поверхностей, является линейно-поляризованным, поляроидные фильтры дают хорошие результаты для устранения бликов, мешающих при фотографировании полированных поверхностей, съемке через стекло и предметов, находящихся под поверхностью воды. В случае съемки фотоаппаратами с наводкой на резкость по матовому стеклу поступают следующим образом: надевают на объектив поляроид и, наблюдая по ма-

тогда
бликов
съемке
поляри
ляриза
Свето
сле из
ложени
ким об
ве филь

Рис. X

на фотогра
ву до тех по
степень гаше
но, не сдвига
но неподвиж
бы белая точ
через центр с
камеры. При
ходимо увели
Поляроидн
бликов полезн
1. Фотогра
стеклом, а та
стеклянными
2. Репродук
рандашом или

товому стеклу, поворачивают его до тех пор, пока яркость бликов на матовом стекле не будет минимальной. При съемке фотоаппаратами типа «ФЭД», «Зоркий», «Киев» пользуются выпускаемыми нашей промышленностью поляризационными светофильтрами «ПФ-36» и «ПФ-42». Светофильтр надевается на объектив фотоаппарата после наводки на резкость. Для выбора правильного положения фильтра предварительно берут его в руку таким образом, чтобы белая точка на неподвижной оправе фильтра была обращена кверху, и, смотря через него

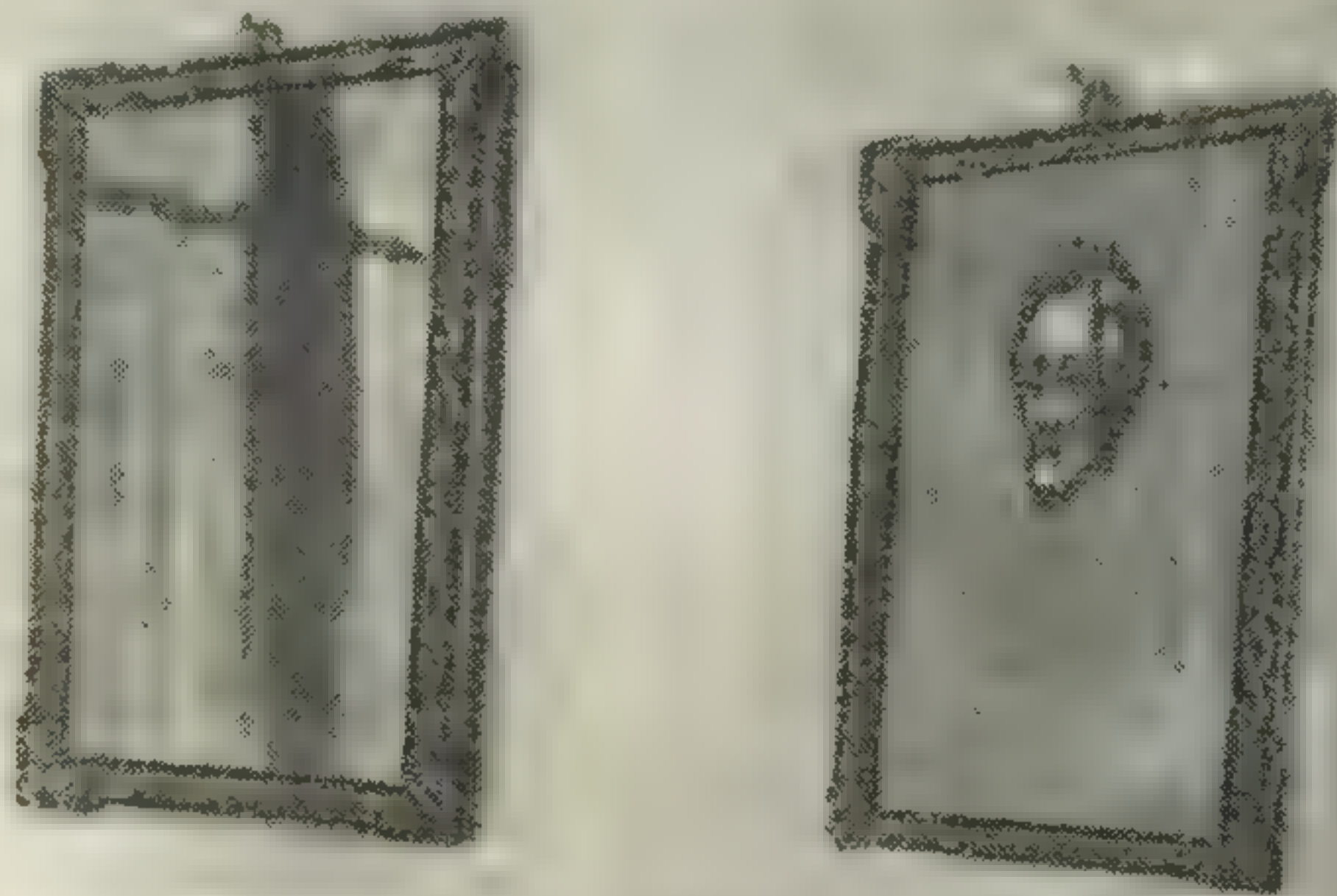


Рис. XIII—5. Устранение бликов с помощью поляризационного фильтра

на фотографируемый объект, вращают подвижную оправу до тех пор, пока не будет достигнута максимальная степень гашения мешающих бликов. После этого осторожно, не сдвигая положения подвижной оправы относительно неподвижной, надевают фильтр на объектив так, чтобы белая точка на оправе лежала на линии, проходящей через центр объектива перпендикулярно верхнему краю камеры. При применении поляроидного фильтра необходимо увеличить экспозицию примерно в 3—4 раза.

Поляроидные фильтры для устранения мешающих бликов полезны в следующих случаях:

1. Фотографирование карт, планов, находящихся под стеклом, а также внутреннего содержимого шкафов со стеклянными дверцами (рис. XIII—5).

2. Репродукция рисунков и текстов, исполненных карандашом или тушью.

3. Фотографирование полированных поверхностей (скульптура, мебель и т. п.).

4. Фотографирование влажных предметов, органов и частей трупов, а также предметов, находящихся под водой.

5. Фотографирование документов на глянцевой или мелованной бумаге, дающей блики.

6. Фотографирование сургучных печатей.

В некоторых особо трудных случаях одного поляроидного фильтра, установленного перед объективом, недостаточно для полного

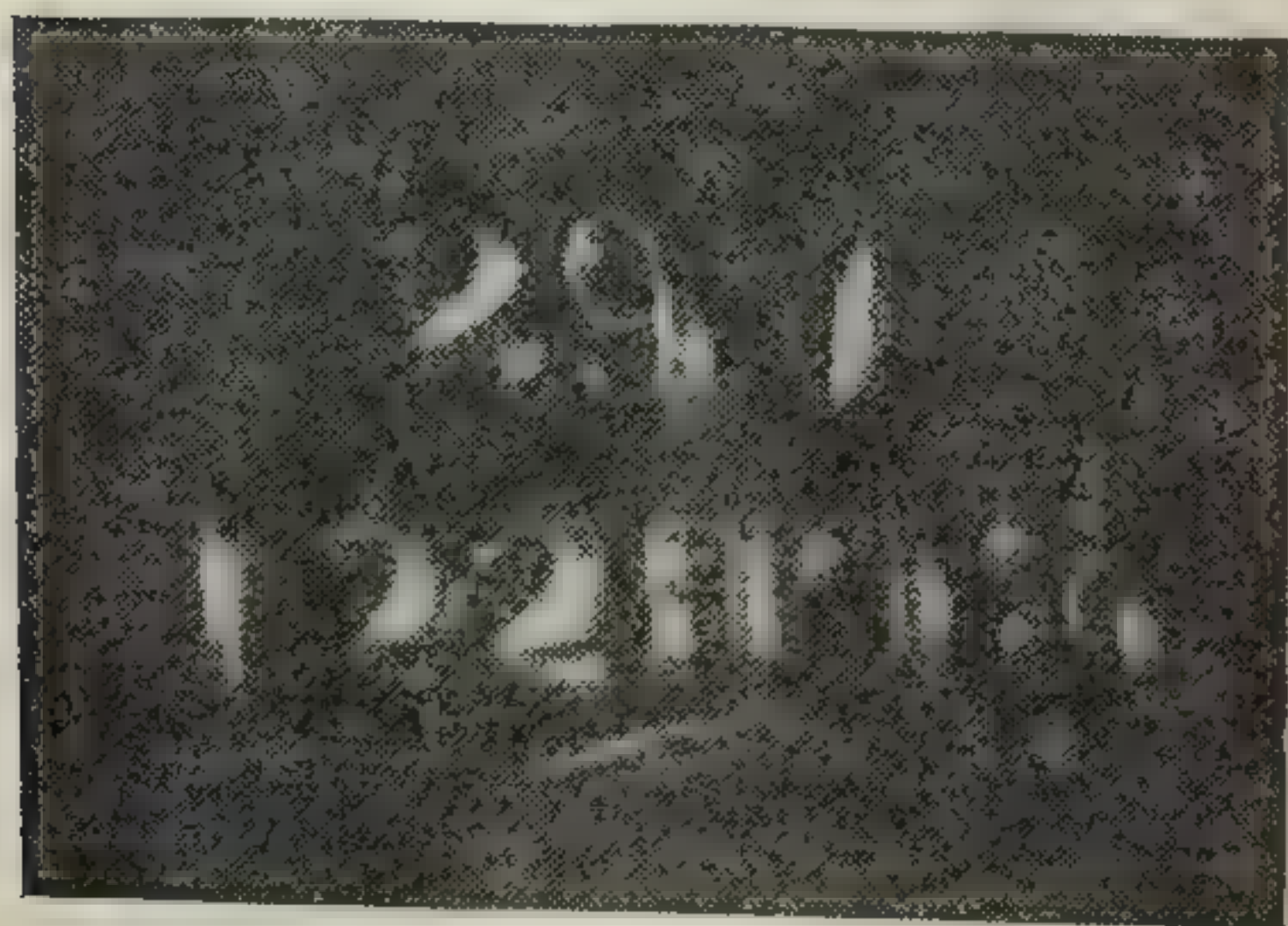
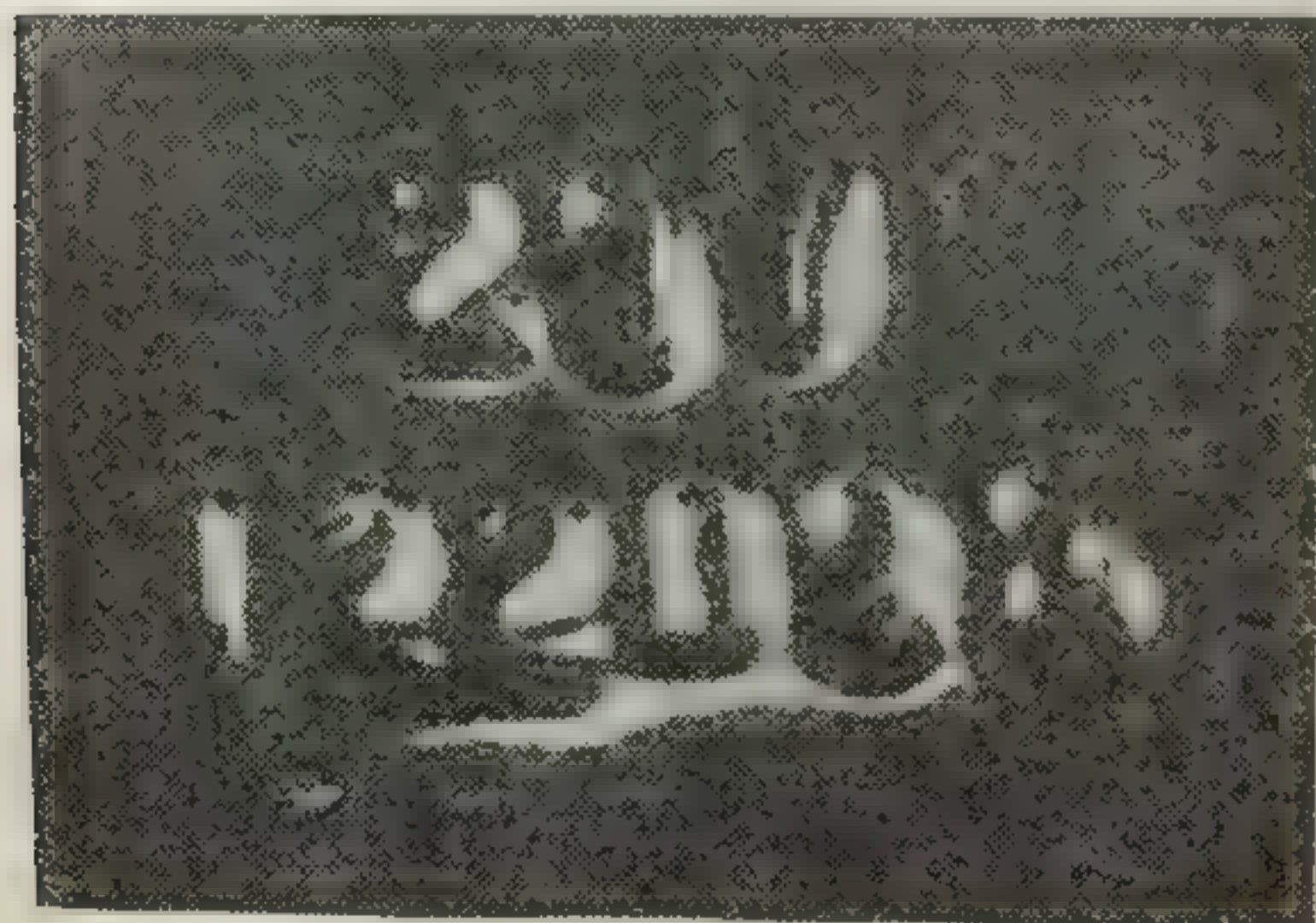


Рис. XIII—6. Устранение бликов на металлических поверхностях

(один из которых установлен перед источником света) позволяет в значительной степени уменьшить блики на металлических поверхностях (см. рис. XIII—6).

устранения мешающих бликов. Тогда применяют два поляроидных фильтра, из которых один устанавливают перед источником света, а второй перед объективом фотоаппарата, как было указано выше.

Применение двух поляроидов требует увеличения экспозиции в 16 раз.

Поляроиды, вообще говоря, не устраняют полностью бликов на металлических поверхностях, так как свет, отраженный от подобных поверхностей, является не линейно, а эллиптически поляризованным, однако применение двух поляроидов

§ 4. Поляризационный микроскоп

При микроскопических исследованиях в поляризованном свете пользуются так называемым поляризационным микроскопом. Для исследования криминалистических

объектов наиболее удобным является поляризационный микроскоп, снабженный опак-иллюминатором и позволяющий проводить исследования как в проходящем, так и в отраженном свете. На рис. XIII—7 приведена схема такого микроскопа и опак-иллюминатора.

В поляризационном микроскопе на пути лучей от осветителя устанавливается либо поляроид, либо призма николя, благодаря чему объект освещается поляризованным светом. В тубусе микроскопа установлен второй николь, являющийся анализатором. Поворачивая николь-поляризатор на 90° , можно исследовать объект в параллельных и скрещенных николях.

Как на одно из применений поляризационного микроскопа, можно указать на исследование штрихов в тех случаях, когда необходимо отличить штрих, проведенный черным графитным карандашом, от штриха, исполненного через копировальную бумагу.

При вертикальном освещении объекта с помощью опак-иллюминатора частицы графита, обладающие свойством зеркального отражения, обнаруживают характерный блеск, позволяющий отличить их от частиц красящего вещества копировальной бумаги, в некоторых случаях — установить хронологическую последовательность нанесения штрихов и др. Вместе с тем наличие этого блеска иногда препятствует изучению структуры карандашного штриха. В поляризационном микроскопе мешающий блеск легко может быть устранен, если объект рассматривать в поляризованном свете в скрещенных николях. Для этого включают анализатор, расположенный в тубусе микроскопа, и вращением поляризатора, находящегося в корпусе осветителя, устраняют мешающий блеск. Так же поступают, когда изучению структуры штриха мешает блеск бумаги. Основано это на известном явлении деполяризации света при диффузном отражении. Зеркально отраженные лучи, обуславливающие блеск объекта, остаются поляризованными и потому гасятся анализатором; свет же, рассеянный объектом, деполяризован, вследствие чего проходит через призму анализатора.

Это же явление может быть использовано и при исследовании штрихов, когда простое наблюдение с опак-иллюминатором не позволяет решить вопрос о том, имеем ли мы дело со штрихом графитного карандаша или

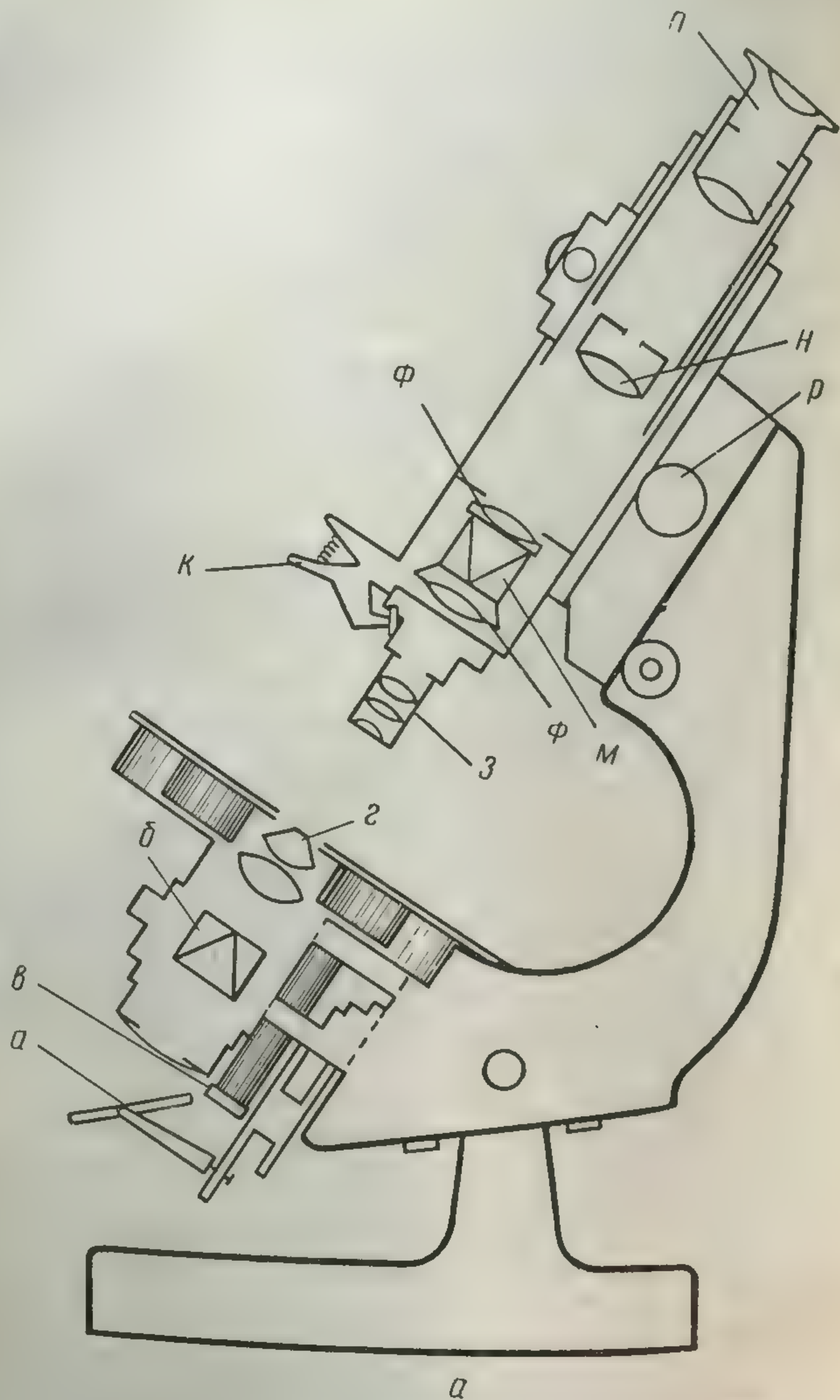


Рис. XIII—7, а. Схема поляризационного микроскопа

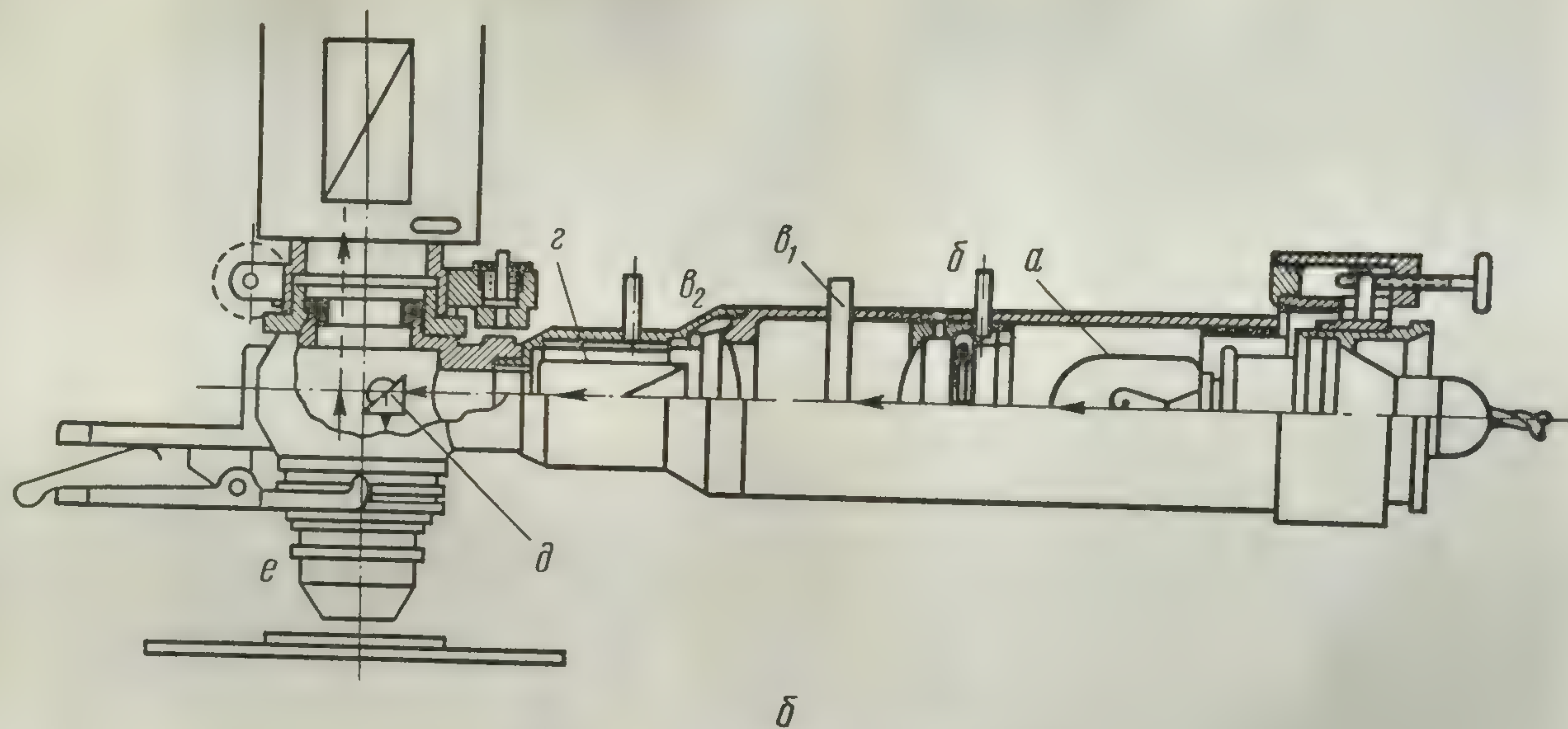


Рис. XIII—7, б. Схема opak-иллюминатора

нет. Сюда относятся те случаи, когда штрих слабо выражен, замазан, наблюдению мешает блеск волокон бумаги и т. д.

Чтобы установить наличие или отсутствие частиц графита в штрихе, поступают следующим образом: при среднем увеличении (до $300\times$) и включенном анализаторе устанавливают микроскоп на частицы красящего вещества штриха, освещенные при помощи опак-иллюминатора. Затем, вращая поляризатор (расположенный в корпусе осветителя), наблюдают за изменением их яркости. Если исследуемые частицы являются частицами графита, то при этом наблюдается значительное изменение яркости, если же они являются частицами красящего вещества копировальной бумаги, то яркость их при любом положении поляризатора остается неизменной.

На рис. XIII—8 приведены микрофотоснимки, относящиеся к одному из случаев, когда нужно было установить, является ли обнаруженный в подписи штрих предварительной подготовки карандашным или же проведенным через копировальную бумагу. Исследование осложнялось тем, что большая часть исследуемого штриха была закрыта чернильным штрихом, проведенным при обводке. Что касается наблюдавшегося блеска, то возникло сомнение, не обусловлен ли он блеском волокон бумаги, так как подпись была выполнена на бумаге с лощеной поверхностью. Сравнивая наблюдаемую картину при обычном освещении опак-иллюминатором и в скрещенных николях, можно было убедиться в том, что наблюдаемый блеск принадлежит частицам штриха и, следовательно, штрих был проведен графитным карандашом.

Целый ряд веществ, обладающих двойным лучепреломлением, будучи в обычном свете бесцветными, при рассматривании в поляризованном свете обнаруживают различную окраску. Такие окраски возникают потому, что при пропускании через кристалл поляризованного белого света плоскость поляризации поворачивается, причем неодинаково для световых колебаний различных длин волн.

Существенную помощь оказывает микроскопическое исследование в поляризованном свете волокон бумаги при установлении их групповой принадлежности. Изу-

чение поляризационной окраски волокон бумаги позволяет установить принадлежность их к хлопковым или

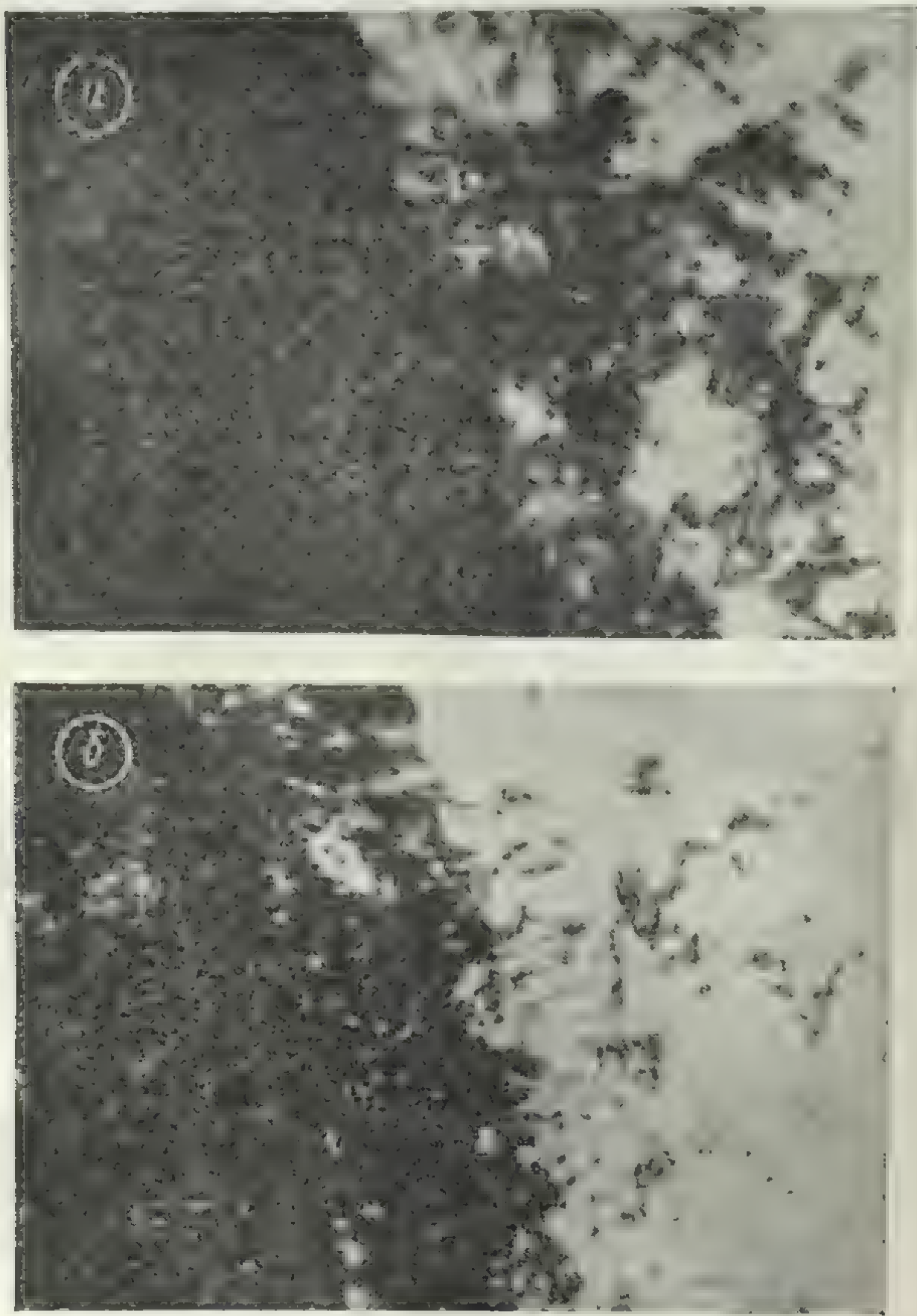


Рис. XIII—8. Микрофотоснимки штриха предварительной подготовки

льнопеньковым, что без применения поляризованного света представляет значительные трудности.

По мнению А. А. Выборновой, поляризационная микроскопия может быть использована в качестве дополнительного приема исследования вещественных доказательств при установлении одно- или разнородности сравниваемых объектов в тех случаях, когда имеются:

а) очень малые количества обнаруженных веществ;
б) вещества, сходные по внешнему виду, но различающиеся по своему составу (парафин, стеарин, воск и т. п.):

в) вещества, трудно отделимые друг от друга и находящиеся в распыленном состоянии (например пыль с одежды и обуви);

г) вещества, сходные по структуре и иным свойствам и плохо отличимые друг от друга при микроскопическом исследовании в обычном свете, как, например, волокна льна и пеньки, волокна капрона и вискозы и т. п.

Волокнистые материалы и клеящие вещества рекомендуется рассматривать в смеси, состоящей из 1 части глицерина и 1 части воды; вещества, растворимые в воде, изучать, поместив их в льняное масло, и воскообразные вещества исследовать в сухом виде после их расплавления и последующей кристаллизации.

ЛИТЕРАТУРА

Описание поляризационных светофильтров «ПФ-36» и «ПФ-42» к фотоаппаратам «Киев», «Зоркий», «Зенит».

А. А. В ы б о р н о в а, Рефераты докладов объединенной научной конференции Киевского и Харьковского НИИСЭ, Киев, 1956.

В. В. А р ш и н о в, Поляризованный свет и его применение, М.-Л., 1945.

«Поляризованный свет в металлографии» (пер. с английского), М., 1957.

дока
ние
тоды
в том
та-но
перен
веще
ства
ций.
рокое
каран
текст
вый с
ребра
В резу
вание,
Реакц
может

Жел
пироват
время д
20 ф

Глава XIV

КОНТАКТНО-ДИФфуЗИОННЫЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

§ 1. Введение

При криминалистическом исследовании вещественных доказательств, в частности, документов, большое значение имеют так называемые контактно-диффузионные методы исследования. Сущность этих методов заключается в том, что исследуемое вещество переносится с предмета-носителя на новую подложку. В результате этого переноса можно судить о растворимости переносимого вещества и скорости его диффузии; перенесенные вещества можно исследовать при помощи химических реакций. Эти методы исследования получили наиболее широкое распространение для идентификации чернил и карандашей и прочтения замазанных и уничтоженных текстов. Перенос красителей возможен и на желатиновый слой, содержащий микрокристаллы бромистого серебра (светочувствительный фотографический слой). В результате адсорбции красителя происходит вуалирование, сенсibilизация или десенсибилизация эмульсии. Реакция эта обладает достаточной чувствительностью и может быть применена для аналитических целей.

§ 2. Копирование на папиросную бумагу

Железогоалловые чернила обладают способностью копироваться на увлажненной бумаге. Это свойство в свое время до появления пишущих машин широко использова-

ли для снятия копий с деловых бумаг; для копирования выпускалась специальная «копировальная» бумага.

Однако штрихи железогалловых чернил обладают способностью копироваться только в том случае, если они нанесены сравнительно недавно. Это свойство железогалловых чернил используется при экспертизе для установления давности нанесения чернильных штрихов на бумагу.

Техника исследования копировальной способности железогалловых чернил следующая: документ укладывается на несколько слоев фильтровальной бумаги, поверх документа накладывается лист папиросной бумаги, на которую помещается лист фильтровальной бумаги, равномерно смоченный дистиллированной водой. Сверху накладывается лист парафинированной бумаги, служащий для предотвращения высыхания фильтровальной бумаги. Все эти листы зажимаются в прессе.

С течением времени штрихи железогалловых чернил теряют копировальную способность. Для получения копий в этом случае можно прибегнуть к подкислению воды, которой смачивается фильтровальная бумага.

Впоследствии этот метод был применен для различения копировальных и графитных карандашей, для обнаружения различий в красителях копировальных карандашей, а также для восстановления текста, написанного копировальным карандашом или чернилами, и закрытого типографской краской или чернилами, не обладающими копировальной способностью.

§ 3. Диффузия органических красителей в желатиновый слой

Дальнейшим усовершенствованием контактно-диффузионных способов явилось применение желатинового слоя. Для этой цели обычно используют светочувствительные фотографические материалы (бумага или пластинки), слой которых освобожден посредством фиксирования и промывки от солей и серебра.

Техника этого способа такова: отфиксированная и промытая фотографическая бумага высушивается. Перед приведением в контакт бумага размачивается в дистиллированной воде в течение 3—4 мин. при темпера-

туре 20°; после полного набухания желатинового слоя с него при помощи фильтровальной бумаги убирают капли воды, и он приводится в контакт с документом. Контакт при легком нажиме продолжается 1 мин., после чего фотографическая бумага отделяется от документа и высушивается.

При контактировании увлажненного желатинового слоя и штрихов на документе содержащиеся в них растворимые красители переходят в раствор и диффундируют в желатиновый слой.

Интенсивность отпечатка зависит:

1. От растворимости красителя. Более растворимые красители дают более интенсивный отпечаток.

2. От скорости диффузии красителя, которая зависит в известной мере и от того, какой раствор дают красители, истинный или коллоидный. В последнем случае диффузия красителя в желатиновый слой будет происходить медленнее.

3. От адсорбции красителя бумагой документа. На некоторых бумагах определенные красители адсорбируются очень прочно, например, основные красители — метиленовый голубой или основной фиолетовый на бумагах, содержащих древесную массу, и штрихи копируются весьма слабо. Поэтому при помощи копирования можно исследовать с целью сравнения только штрихи, нанесенные на одинаковую бумагу.

Этот метод копирования применяется для различения чернил и карандашей, содержащих растворимые красители, и обнаружения в документах дописок, произведенных иными чернилами. На рис. XIV—1а изображен участок документа, на рис. XIV—1б копия этого же места на желатинированной бумаге (зеркальный фотоснимок). В данном случае ноль был переправлен на цифру «9».

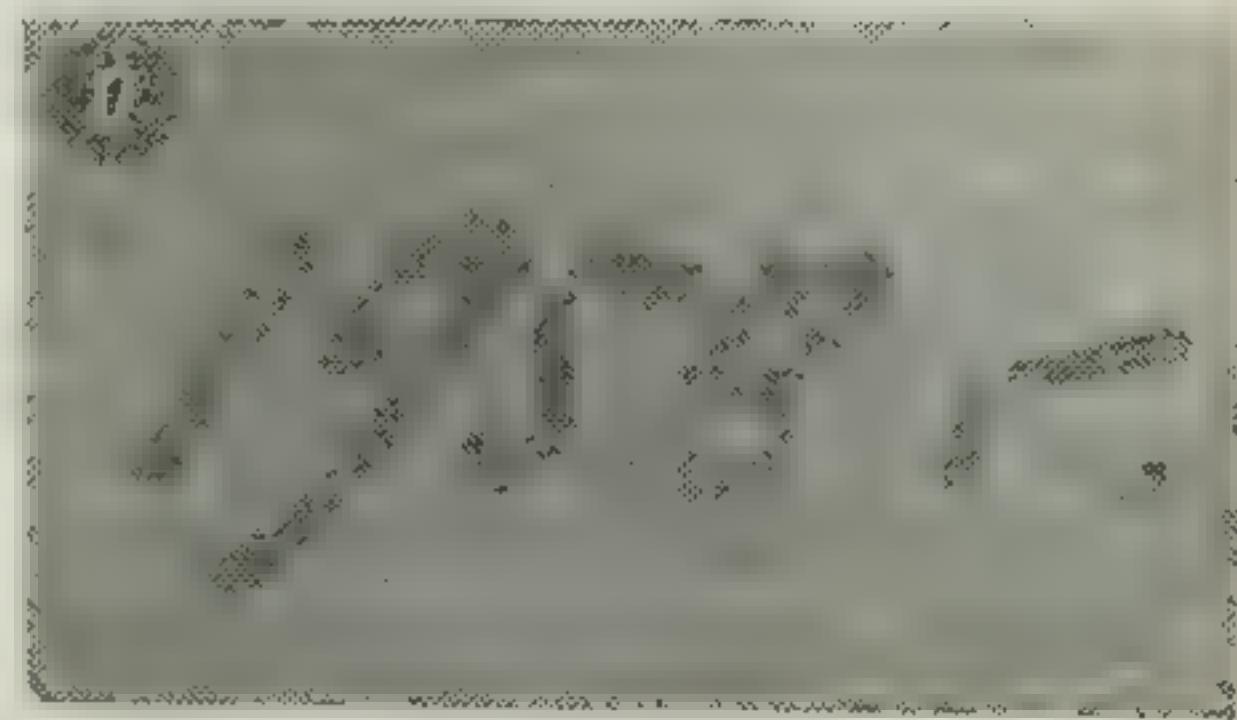
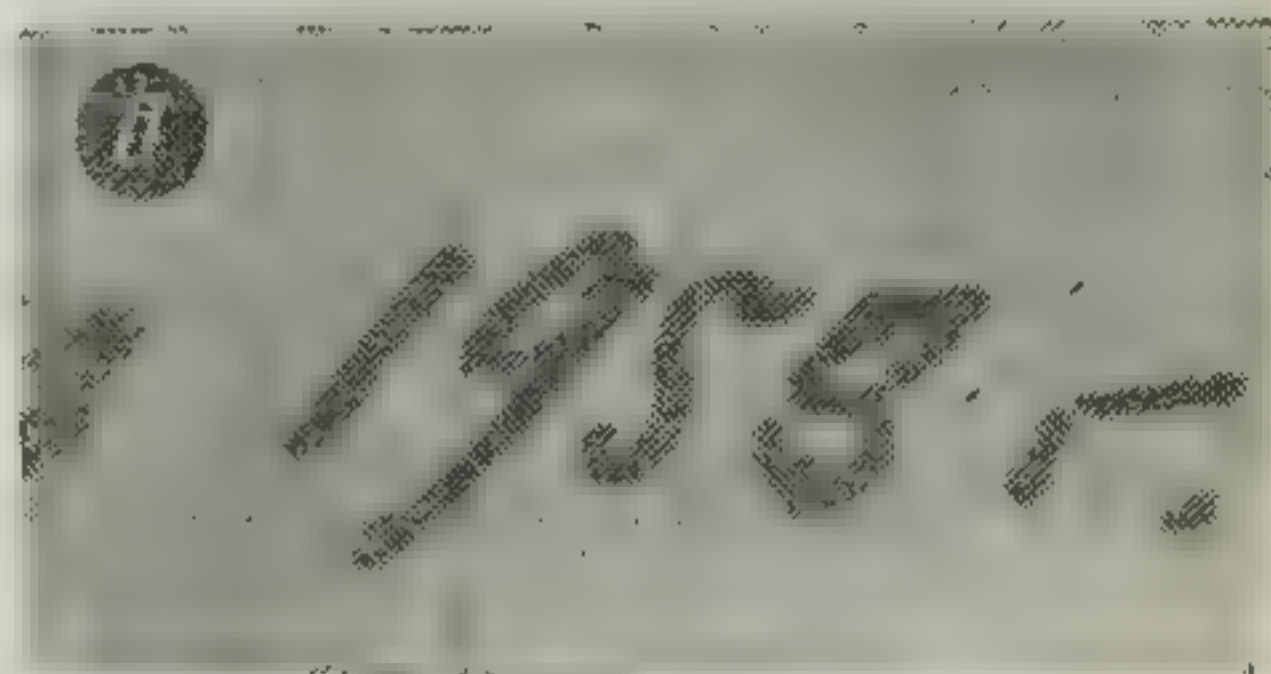


Рис. XIV—1а — участок документа, 1б — результаты копирования

Отпечаток на желатинированной бумаге фотографируется и результаты исследования представляются в виде зеркального позитивного изображения, для получения которого негатив помещается в проекционном фонаре стеклянной стороной к объективу.

Метод копирования был предложен и для установления хронологической последовательности нанесения штрихов на бумагу; в этом случае продолжительность контакта должна быть значительно сокращена до 15—20 сек., чтобы в желатиновый слой успели продиффундировать красители только из поверхностных слоев перекрещивающихся штрихов. Однако, как показали данные Брайчевской, при помощи копирования можно судить о хронологической последовательности нанесения штрихов только на хорошо проклеенной бумаге, не содержащей древесной массы, так как последняя прочно адсорбирует красители.

Техника метода копирования может быть несколько изменена. Для целей копирования можно взять фото или кинопленку с бесцветной основой и односторонним поливом. После контактирования пленка во влажном состоянии прикатывается желатиновой стороной к листу белой бумаги и высушивается. Получается прямой отпечаток, удобный для рассматривания.

Отпечатки штрихов изучают при помощи лупы или микроскопа и сравнивают с подвергавшимися копированию штрихами; при этом обращается внимание на цвет отпечатка, наличие цветных каемок, загрязнений. В том случае, если копируемый штрих состоял из смеси красителей, может оказаться, что копия имеет иной цвет, чем штрих. Таким образом можно произвести разделение красителей. Исследуется также люминесценция оттиска, так как краситель в штрихе может не люминесцировать вследствие концентрационного тушения.

Для копирования может быть также применена полихлорвиниловая пленка, например, бесцветная прозрачная медицинская клеенка, пропитанная дихлорэтаном. Небольшой кусочек пленки погружается на 3—5 сек. в дихлорэтан, просушивается фильтровальной бумагой и затем приводится в контакт с документом. Этот способ может быть применен для сравнения штрихов машинописных текстов, нанесенных при помощи ленты пишущей

машины, а также сравнения штрихов, нанесенных через копировальную бумагу.

Для обнаружения нитритов вокруг входного пулевого отверстия с целью установления дальности выстрела применяется контактирование ткани с фильтровальной бумагой, пропитанной реактивом Грисса. При этом удастся изучить распределение нитритов на ткани.

§ 4. Горячее копирование

К контактным методам следует отнести метод горячего копирования, заключающийся в том, что на документ накладывается лист бумаги, который затем проглаживается горячим утюгом. Этот метод применяется для различения копировальных бумаг; лист бумаги, который приводился в соприкосновение с документом, осматривается в ультрафиолетовых лучах для обнаружения по их люминесценции веществ, перешедших из штрихов, нанесенных через копировальную бумагу. Таким образом можно обнаружить разницу в копировальных бумагах, в состав которых могут входить вещества, обладающие люминесценцией и не обнаруживаемые при исследовании непосредственно штрихов. Этот метод применяется также и для различения типографских красок, которые копируются различно в зависимости от их качества и давности нанесения.

При горячем копировании копируются и чернила, и штрихи цветных карандашей.

Метод горячего копирования применяется также для обнаружения следов ружейной смазки вокруг входных огнестрельных отверстий. Смазка обнаруживается на отпечатке по люминесценции в ультрафиолетовых лучах.

§ 5. Адгезия при копировании

При копировании на увлажненный желатинированный слой можно воспользоваться и адгезией (прилипанием тех или иных веществ к желатиновому слою). Таким образом, может быть обнаружено, например, пороховое окапчивание вокруг входного пулевого отверстия: путем многократного контактирования с увлажненным

желатинированным слоем может быть значительно ослаблена интенсивность окраски карандашных штрихов, которыми зачеркнут какой-либо текст.

§ 6. Контактно-диффузионные методы с применением светочувствительных фотографических слоев

Применение при контактнo-диффузионном методе светочувствительных фотографических слоев открывает большие возможности для исследования. Суть этого метода заключается в копировании красителя штрихов на светочувствительную пленку, фотобумагу или пластинки, содержащие в желатиновом слое микрокристаллы бромистого серебра.

Как известно, многие органические красители, адсорбируясь на микрокристаллах бромистого серебра светочувствительного слоя, могут вызывать следующие явления:

- 1) вуаль фотографического слоя при проявлении в темноте;
- 2) оптическую сенсibiliзацию, заключающуюся в том, что фотографическая эмульсия в дополнение к собственной светочувствительности становится чувствительной к лучам зеленой, желтой и красной частей спектра;
- 3) оптическую десенсибилизацию, выражающуюся в снижении общей светочувствительности эмульсии.

Красители, в зависимости от условий адсорбции и концентрации растворов могут проявлять то или другое действие на фотографический слой. Так, например, метиленовый голубой, вуалируя слой, в то же время может выполнять функции сенсibiliзатора; многие сенсibiliзирующие красители в определенных условиях являются и десенсибилизаторами.

Различные красители сенсibiliзируют к различным участкам спектра.

Взаимодействие эмульсионных кристаллов бромистого серебра и красителей обнаруживается при самых незначительных концентрациях красителей.

Техника этого метода такова: несенсибилизированный фотографический слой размачивается в дистиллированной воде при температуре около 20° при неактивном

освещении. После того, как желатиновый слой полностью набухнет, для чего достаточно 4—5 мин., с него фильтровальной бумагой убирают избыток воды, слой слегка подсушивается на воздухе и затем контактируется с документом или иным предметом-носителем, на котором находятся незначительные количества органических красителей, подлежащие обнаружению. Далее, светочувствительный слой слегка подсушивается в темноте и затем проявляется. В том случае, если краситель необходимо обнаружить по вуалирующему действию, проявление производится в темноте, если необходимо обнаружить красители по сенсibiliзирующему действию, слой перед проявлением подвергается засветке лучами желто-красного участка спектра.

Для обнаружения красителей по их десенсибилизирующему действию слой подвергается слабой засветке лучами сине-фиолетовой части спектра через светофильтры СС-4 и СС-5.

После проявления следует обычное фиксирование, промывка и сушка.

В том случае, если красители обладают вуалирующим действием, в тех местах фотографического слоя, куда они продиффундировали, после проявления в темноте образуется почернение фотографического слоя.

Сенсибилизирующие красители в результате засветки лучами зеленой, желтой и красной частей спектра перед проявлением также вызывают почернение фотографического слоя.

Если красители обладали десенсибилизирующим действием, те места фотографического слоя, в которые они продиффундировали, обладают меньшей оптической плотностью, чем фон, так как фотографический слой подвергался общей засветке.

Практически наиболее часто используется или вуалирование слоя красителями, или их сенсибилизирующее действие. Вуалирование фотографического слоя следует применять только в том случае, если необходимо обнаружить краситель метиленовый голубой, особенно, если к тому же требуется отделить записи, исполненные этим красителем, от записей, нанесенных иными красителями.

При помощи описанных методов могут быть обнаружены слабо видимые вытертые и зачеркнутые надписи и надписи, залитые чернилами.

На рис. XIV—2а представлена запись, произведенная фиолетовыми чернилами и замазанная тушью. На рис. XIV—2б показаны результаты применения контактно-диффузионного метода.

Контакт светочувствительного слоя с документом может продолжаться от 1 до 20 мин. Время контакта огра-

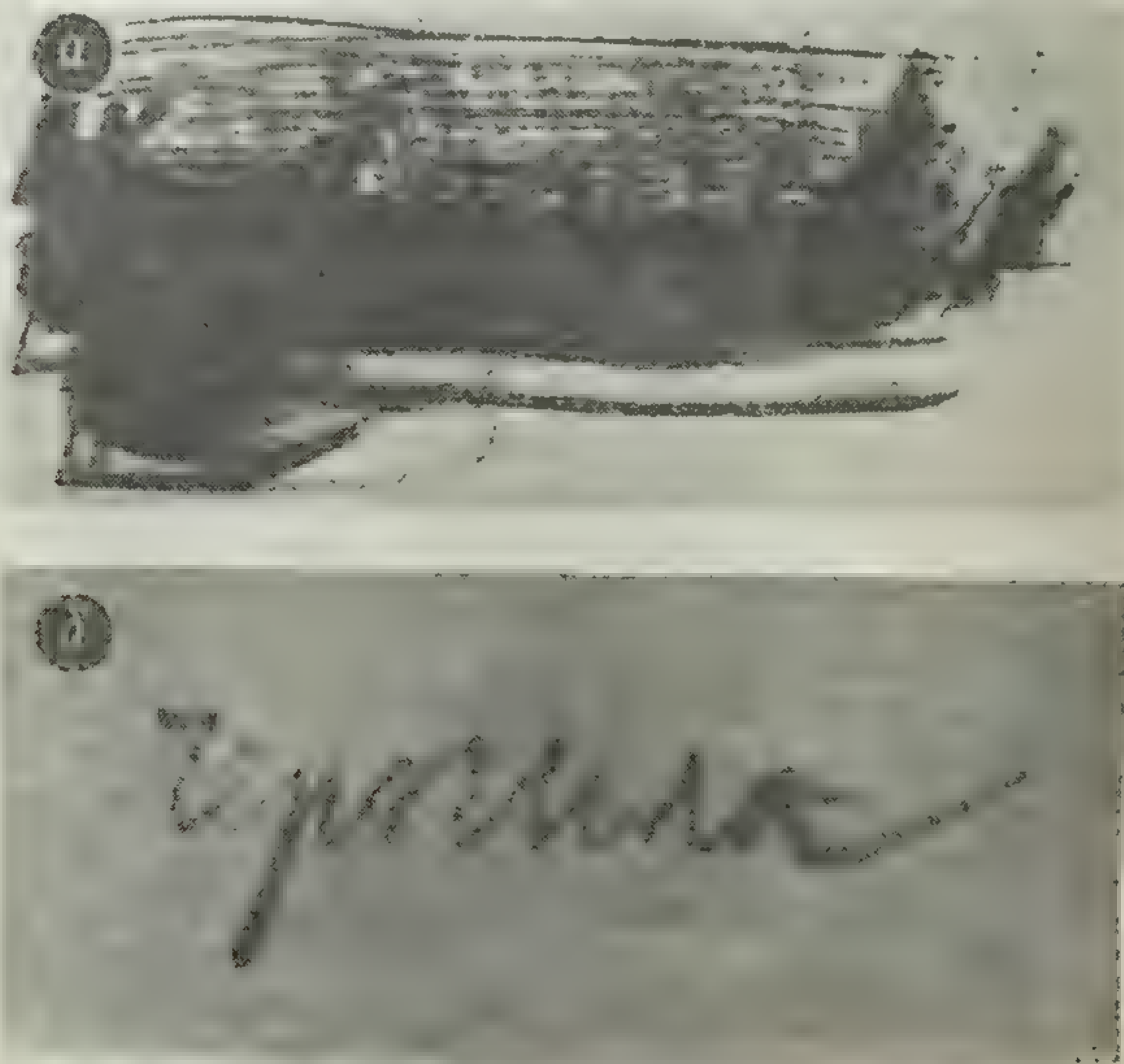


Рис. XIV—2а — запись, замазанная тушью,
2б — применение контактно-диффузионного метода

ничивается тем сроком, после которого начинается прилипание желатинового слоя к бумаге документа. Для установления максимально допустимого времени контакта производится пробное контактирование с такими участками документа, которые не содержат записей.

Для увеличения растворимости красителей размачивание фотографического слоя производится в 20%-ном растворе этилового спирта в воде.

Прилипание фотографического слоя к бумаге почти полностью устраняется размачиванием слоя в 50%-ном растворе глицерина. Размачивание слоя в этом раство-

ре практически не влияет на скорость диффузии красителя в желатиновый слой.

Контактно-диффузионный метод может быть применен и для обнаружения красителей, обладающих сильным вуализующим действием, в присутствии иных красителей, которые таким действием не обладают, например, для открытия примеси метиленового голубого к чернилам из основного фиолетового. Эта реакция может быть применена в качестве аналитической реакции, при помощи которой может быть открыт метиленовый голубой в присутствии 200-кратного избытка основного фиолетового при чувствительности реакции 0,5γ.

Для этой цели чернильные штрихи контактируются со светочувствительным слоем и отпечатки проявляются в темноте. Небольшое почернение фотографического слоя может быть маскировано фиолетовым красителем, продиффундировавшим в слой. Для обнаружения почернения слой можно рассматривать через фиолетовый светофильтр или удалить фиолетовую окраску купанием в 1%-ной соляной кислоте. Можно также исследовать слой под микроскопом для обнаружения зерен восстановленного серебра.

Таким путем удастся весьма показательно дифференцировать чернила, содержащие даже небольшую примесь метиленового голубого.

§ 7. Электролиз при контактном методе

Для извлечения тех или иных веществ с предмета-носителя возможно применение электрического тока. Этот метод в криминалистике применен Балагиным для обнаружения солей тяжелых металлов вокруг пулевых отверстий.

На пластинку, являющуюся анодом, кладется желатинированная бумага, затем кусок исследуемой ткани, потом снова лист желатинированной бумаги; оба листа бумаги пропитаны раствором уксусной кислоты или аммиака. Далее налагается пластинка, служащая катодом; все это прижимается грузом или зажимается в специальном устройстве. На электроды налагается постоянное напряжение 3 вольта. Катионы тяжелых металлов продвигаются к катоду и переходят на желатинированную

бумагу, где они и могут быть обнаружены теми или иными методами качественного химического анализа (цветными реакциями).

§ 8. Электрофорез для переноса органических красителей

При исследовании чернил и карандашей возникает необходимость переноса красителей с бумаги документа на фильтровальную бумагу для последующего хроматографирования.

Нанесение капли воды на штрих и последующее отсасывание раствора во многих случаях не может обеспечить полного переноса красителей из штриха ввиду того, что иногда краситель прочно адсорбируется бумагой.

Для возможно более полной десорбции красителя с бумаги и переноса его на фильтровальную или на светочувствительную фотобумагу может быть применен электрофорез.

Явление электрофореза заключается в том, что в растворах, при наложении постоянного напряжения 100—150 вольт, основные красители двигаются к катоду, а кислотные — к аноду.

Для переноса красителей на фильтровальную бумагу или специальную бумагу для хроматографирования на электрод, служащий анодом, накладывается лист фильтровальной бумаги, смоченный 50%-ным раствором этилового спирта, подкисленным уксусной кислотой (5%), далее укладывается документ, причем штрихи должны быть вверху. Затем помещается лист фильтровальной бумаги для хроматографирования, смоченный тем же раствором, после чего накладывается электрод, служащий катодом. На фильтровальную бумагу наносятся небольшие капли спиртового раствора в тех местах, откуда необходимо извлечь краситель; поверх документа можно также поместить лист целлофана с отверстием, приходящимся против штриха, чтобы ограничить участок, с которого переносят краситель. На электроды накладывается напряжение 150 вольт. Основные красители (метиленовый голубой, основной фиолетовый, основной ярко-зеленый), переходят в верхний слой фильтровальной бумаги; кислотный зеленый направляется к аноду и проходит через толщу бумаги документа в нижний слой.

Таким путем могут быть разделены основные и кислотные красители.

Для переноса кислотных красителей на фильтровальную бумагу для хроматографирования направление электрического тока должно быть изменено.

При помощи этого метода достигается практически полное извлечение красителей с бумаги.

Контактно-диффузионные методы могут привести к необратимому изменению документа. Поэтому к ним следует прибегать в тех случаях, когда исчерпаны все фотографические и физические методы исследования, в результате применения которых документ не изменяется, в особенности если перед экспертом ставят вопрос о дописках и переправках, т. е. в тех случаях, когда необходимо исследовать отдельные штрихи или фрагменты штрихов.

Перед применением контактно-диффузионных методов документ должен быть сфотографирован, с тем, чтобы было зафиксировано его состояние перед исследованием, а в акте экспертизы необходимо указывать, какие именно участки документа подвергались исследованию при помощи контактно-диффузионного метода.

ЛИТЕРАТУРА

- С. М. Потапов, Судебная фотография, М.-Л., 1948.
Н. М. Зюскин, Тезисы докладов научной конференции КНИИСЭ, Киев, 1952, стр. 11.
И. С. Балагин, «Судебно-медицинская экспертиза» 1958, № 3, стр. 9.
Н. М. Зюскин, Материалы III Всесоюзного совещания судебно-медицинских экспертов, Рига, 1957, стр. 208.
В. И. Вахлис и Б. Р. Киричинский, Криминалистика и научно-судебная экспертиза, Сб. III, Киев, 1949.
А. А. Гусев, А. М. Попов, Рефераты докладов объединенной научной конференции КНИИСЭ и ХНИИСЭ, Харьков, 1959.
-

Глава XV

ОСОБЫЕ СЛУЧАИ ФОТОГРАФИРОВАНИЯ И ПРИМЕНЕНИЯ ФОТОГРАФИЧЕСКИХ МЕТОДОВ

I. ФОТОГРАФИРОВАНИЕ СЛЕДОВ ПАПИЛЛЯРНЫХ УЗОРОВ

Отпечатки пальцев, часто сами по себе мало заметные, нередко расположены на таких объектах, как стеклянные или металлические изделия, обладающие изогнутой и блестящей поверхностью, оконные стекла, деревянные детали и др., что создает значительные трудности для фотографического воспроизведения.

Фотографирование окрашенных отпечатков пальцев, т. е. следов, оставленных пальцами, запачканными чернилами, краской, кровью, грязью и т. п., или же следов, проявленных тем или иным способом, производится по правилам цветоделительной съемки с тем, чтобы создать максимальный контраст между узором и подложкой; при этом, как правило, рационально использовать диффузное, бестеневое освещение, устраняющее мешающие контрасты.

Для фотографирования объемных следов пальцев, представляющих рельефное изображение пальцевых узоров на поверхности какого-либо вещества — замазки, сургуча, глины, пластилина и т. д., следует применять односторонне направленное освещение, причем, ввиду того, что рельеф, образуемый папиллярными линиями невелик, угол освещения должен быть не более $8-10^\circ$. В качестве источника света уместно пользоваться осветителем ОИ-7 или ОИ-9.

Фотографирование рельефных пальцевых отпечатков представляет затруднение в тех случаях, когда поверхность предмета, на котором они находятся, сама по себе неровна и отдельные части узора оказываются затененными при одностороннем освещении. При таком положении необходимо комбинировать боковое направленное освещение с подсветкой — вторым источником света, расположенным с противоположной стороны на значительно большем расстоянии, либо с диффузным освещением.

Особую сложность представляет фотографирование бесцветных потожировых отпечатков, образующихся при прикосновении пальцев к гладким поверхностям.

Если такие следы находятся на поверхности непрозрачного предмета, фотографирование, как и в случае рельефных отпечатков, производится в отраженном свете, при одностороннем освещении, направление и угол которого устанавливается в зависимости от характера и формы поверхности и которое, в случае необходимости, комбинируется с подсветкой или с общим диффузным освещением.

Наиболее простой способ фотографирования следов пальцев, находящихся на стекле, состоит в том, что позади стекла на некотором расстоянии размещают черный экран, а фотографирование производится в одностороннем боковом освещении, причем источник света может быть расположен как перед стеклом, на котором находится след, так и позади стекла.

Получение контрастного изображения бесцветных пальцевых отпечатков, находящихся на прозрачных предметах, возможно при использовании осветителя с темным полем. Перед источником света (С), за которым расположен рефлектор (Р), помещается конденсор (К); в центре конденсора, на противоположной осветителю поверхности прикрепляется непрозрачный диск (Т) (может быть вырезан из черной бумаги); далее размещается экран с вырезанным по центру (по оптической оси системы) отверстием (Д), диаметр которого несколько меньше, чем диаметр черного диска; между экраном и объективом фотоаппарата (О) помещается стекло с находящимся на нем следом пальца (П). Фотографируемый след должен быть расположен выше вершины теневого конуса, образуемого черным диском,

с тем, чтобы весь объект был равномерно освещен. В результате папиллярный узор следа получается в виде белых линий на черном фоне.

Для практического осуществления этого метода предложено использование проекционного фонаря для увеличений 13×18 ; объектив увеличителя удаляется, и отверстие служит диафрагмой; на конденсор наклеивается диск, вырезанный из черной бумаги, диаметром 8—10 см; фотографируемое стекло размещается между отверстием фонаря и объективом фотоаппарата (см. схему на рис. XV—1).

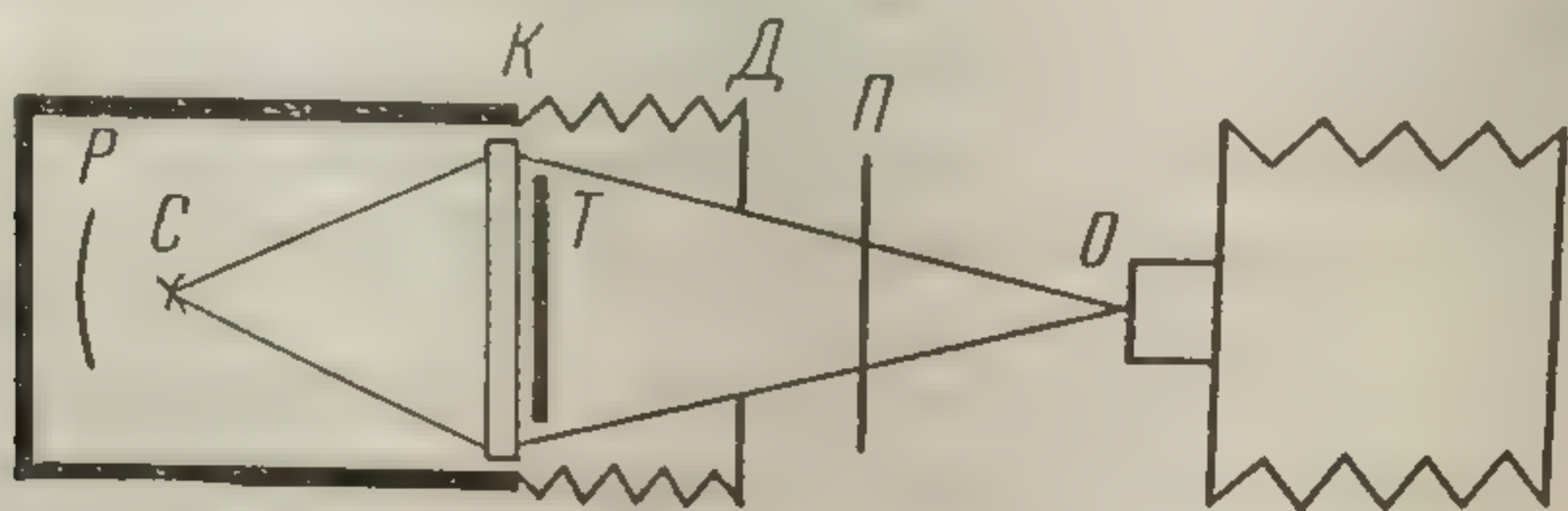


Рис. XV—1. Схема осветителя с темным полем

Фотографирование следов пальцев на стекле в темном поле возможно на установке ФМН-2, широко используемой в криминалистических лабораториях для макро- и микросъемки вещественных доказательств. Для данной цели используется оптическая схема прибора, собираемая при работе с малым макростолом, однако сам макростол при этом не применяется, а стекло с бесцветным пальцевым отпечатком помещается на тонких подкладках на плите прибора. Специальный вкладыш, образующий темное поле при освещении объекта проходящим светом, помещается в гнездо для светофильтра осветителя. Вкладыш представляет собой вставленное в рамку одного из светофильтров прибора стекло, в центре которого укреплен кружок, вырезанный из тонкого эбонита; диаметр кружка должен соответствовать рабочему отверстию фотографического объектива (например, при применении объектива $F = 150$ мм, диаметр кружка должен равняться 36 мм). Размещение объекта и вкладыша в схеме прибора показано на рис. XV—2. При фотографировании апертурная диафрагма открывается полностью, а раскрытие полевой диафрагмы регулируется таким образом, чтобы

освещенность фотографируемого следа, наблюдаемая по матовому стеклу, была равномерной.

Для получения четкого изображения бесцветных отпечатков на стекле или иных плоских прозрачных пред-

метах, возможно использование метода Теплера. Принцип этого метода состоит в следующем: лучи источника света S фокусируются линзой L на объектив O фотокамеры K ; аппарат сфокусирован на линзу, поверхность которой ясно видна на матовом стекле; перед объективом постепенно вводится черный непрозрачный экран A (см. рис. XV—3); при этом можно видеть, что изображение линзы будет постепенно темнеть и при каком-то определенном критическом положении экрана, когда он закрывает несколько больше половины отверстия объек-



Рис. XV—2. Схема ФМН-2

тива, совсем исчезнет в том случае, если в линзе отсутствуют изъяны и неоднородности, у которых показатель преломления отличался бы от показателя преломления основной массы. Если же такие неоднородности имеют место, то изображение их не исчезнет при критическом положении экрана, так как прошедшие сквозь них лучи

не будут принадлежать к пучку сходящихся лучей, сфокусированных на точке O .

Одна из возможностей использования этого метода для фотографирования бесцветных пальцевых отпечатков на стекле, приведена в виде схемы на рис. XV—4.

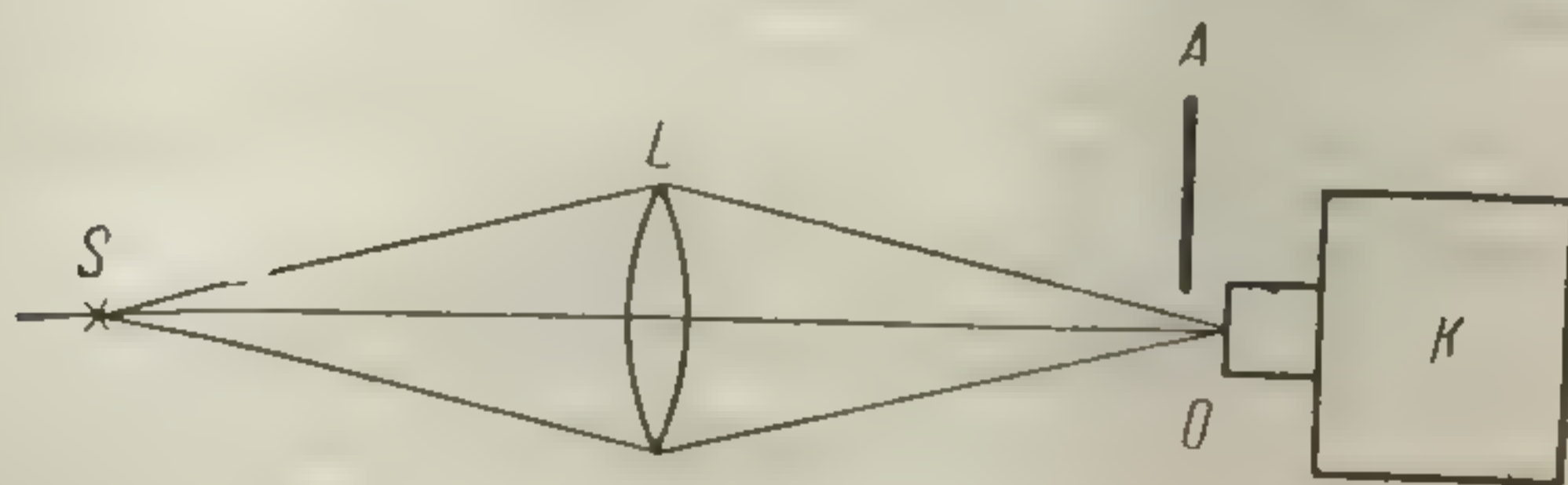


Рис. XV—3.

Источник света L освещает диафрагму B_1 , отображаемую при помощи конденсора K в объективе B_2 с отверстием d_2 , в которое попадают лучи через отверстие диафрагмы d_1 . Если в диафрагму B_1 поместить непрозрачную бленду диаметром d_1 , а между конденсором K и

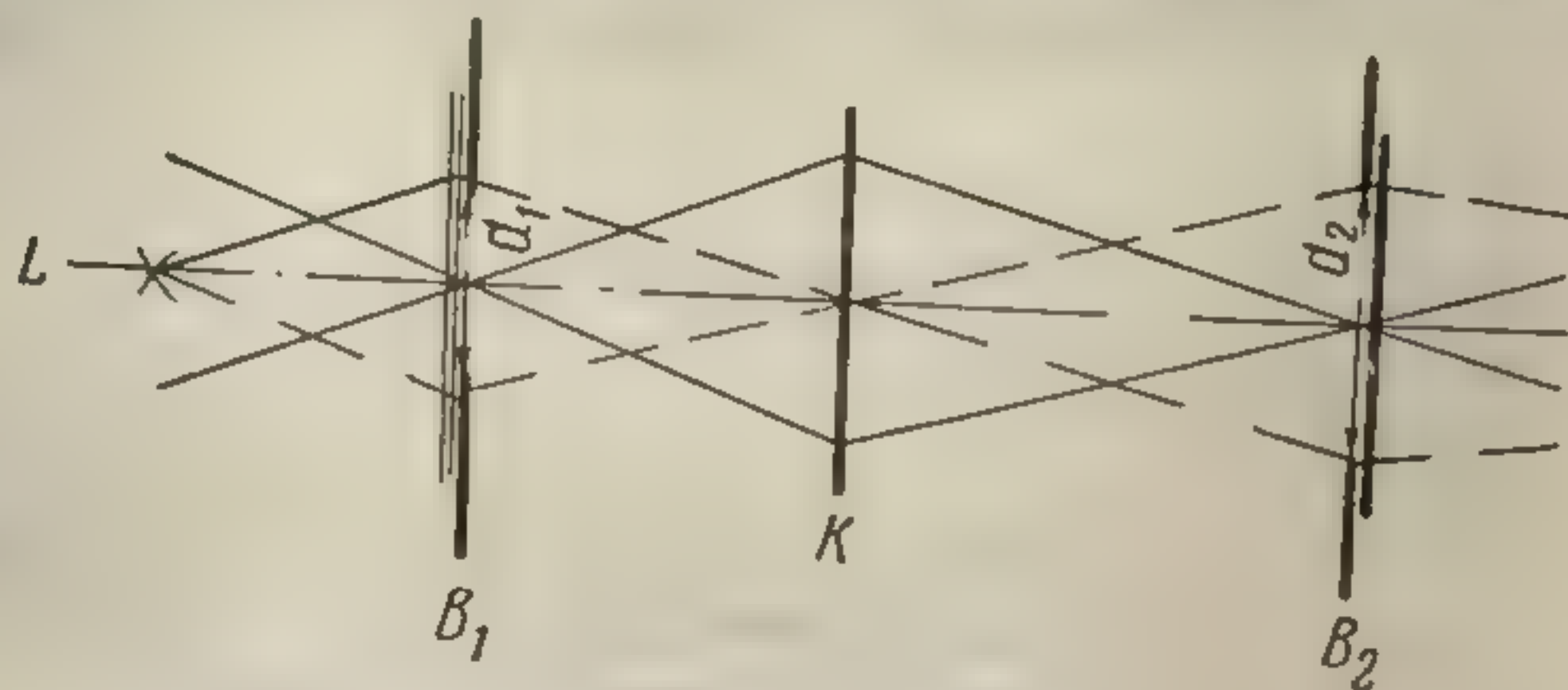


Рис. XV—4. Схема Карстена

объективом B_2 расположить объект, отличающийся по показателю преломления от окружающей среды, то происходит отклонение лучей, благодаря которому объект становится видимым.

Практически это осуществляется следующим образом: изображение диафрагмы, вмонтированной в корпус осветителя, проектируется при помощи конденсора на плоскость объектива; внутри этой диафрагмы помещена бленда, диаметр которой подобран таким образом, чтобы ее изображение в объективе было несколько меньшим, чем действующее отверстие объектива. Поместив стекло с пальцевым отпечатком между конденсором и объективом, можно получить четкое изображение

следа...
шесть...
фрагм...
различ...
ком па...
быть все...
ным, в ви...
ний на ч...
(см. рис. ...)
Следы
объемных
предметах,
они будут
или иным
для прояв...
графируют...
вом освеще...
вление кот...
навливае...
мости от ф...
рактера
объекта, по...
товлен из б...
это возмож...
лами, тушь...

В. С. Ив...
ского Отделен...
и криминалист...
Э. Лока...
А. Karsten

II. ФОТОГРАФИРОВАНИЕ

§ 1.

При уста...
скольких кус...
ляется налич...
21 Фотогр...

следа, образующееся вследствие рассеяния лучей, прошедших сквозь детали узора. Изменяя отверстие диафрагмы объектива, подбирают условия для оптимальной различаемости изображения следа, которое при таком положении должно быть весьма контрастным, в виде белых линий на черном фоне (см. рис. XV—5).

Следы пальцев на объемных стеклянных предметах, прежде чем они будут опылены тем или иным порошком для проявления, фотографируют при боковом освещении, направление которого устанавливается в зависимости от формы и характера поверхности объекта, поместив за объектом в случае, если он изготовлен из бесцветного стекла, черный фон или же, если это возможно, наполнив его темной жидкостью (чернилами, тушью).

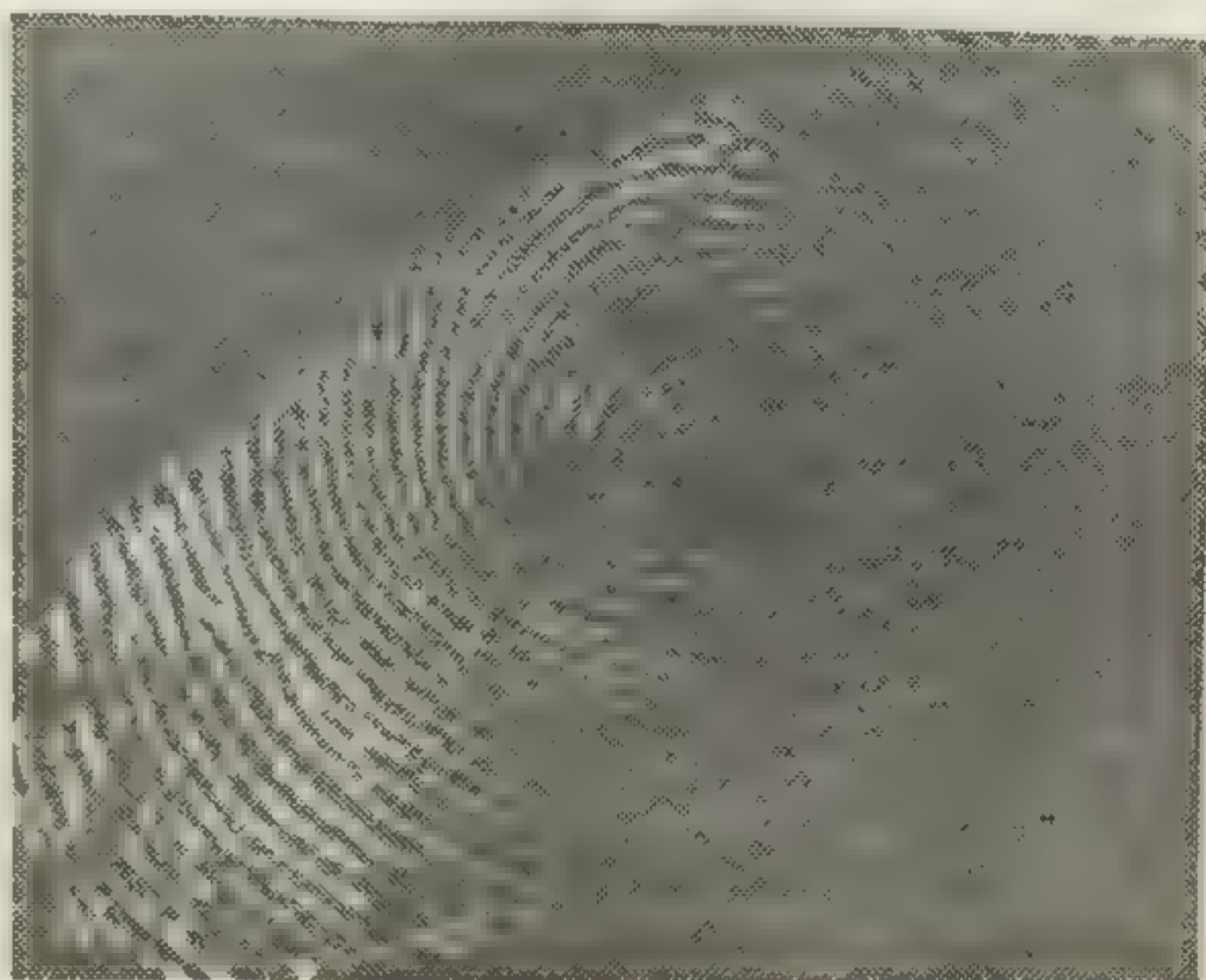


Рис. XV—5. Снимок пальцевого отпечатка по Карстену

ЛИТЕРАТУРА

В. С. И в а н о в, Материалы IV расширенной конференции Киевского Отделения Украинского научного общества судебных медиков и криминалистов, Киев, 1959.

Э. Л о к а р, Руководство по криминалистике, М., 1941.

А. Karsten, Archiv für Kriminologie, 1937, 101, 1/2, 71.

II. ФОТОГРАФИРОВАНИЕ ОПТИЧЕСКИХ НЕОДНОРОДНОСТЕЙ И ПОВРЕЖДЕНИЙ СТЕКЛА

§ 1. Оптические неоднородности стекла и их выявление

При установлении принадлежности двух или нескольких кусков одному листу стекла решающим является наличие общей линии излома. При отсутствии

таковой, как правило, эксперт отказывается от дачи заключения в категорической форме.

Возможности решения подобного рода задач могут быть расширены, если использовать в качестве дополнительного признака принадлежности двух кусков к одному листу стекла характер имеющихся в нем оптических неоднородностей.

Большинство стекол, изготовленных машинным способом (например, оконные стекла), являются в оптиче-

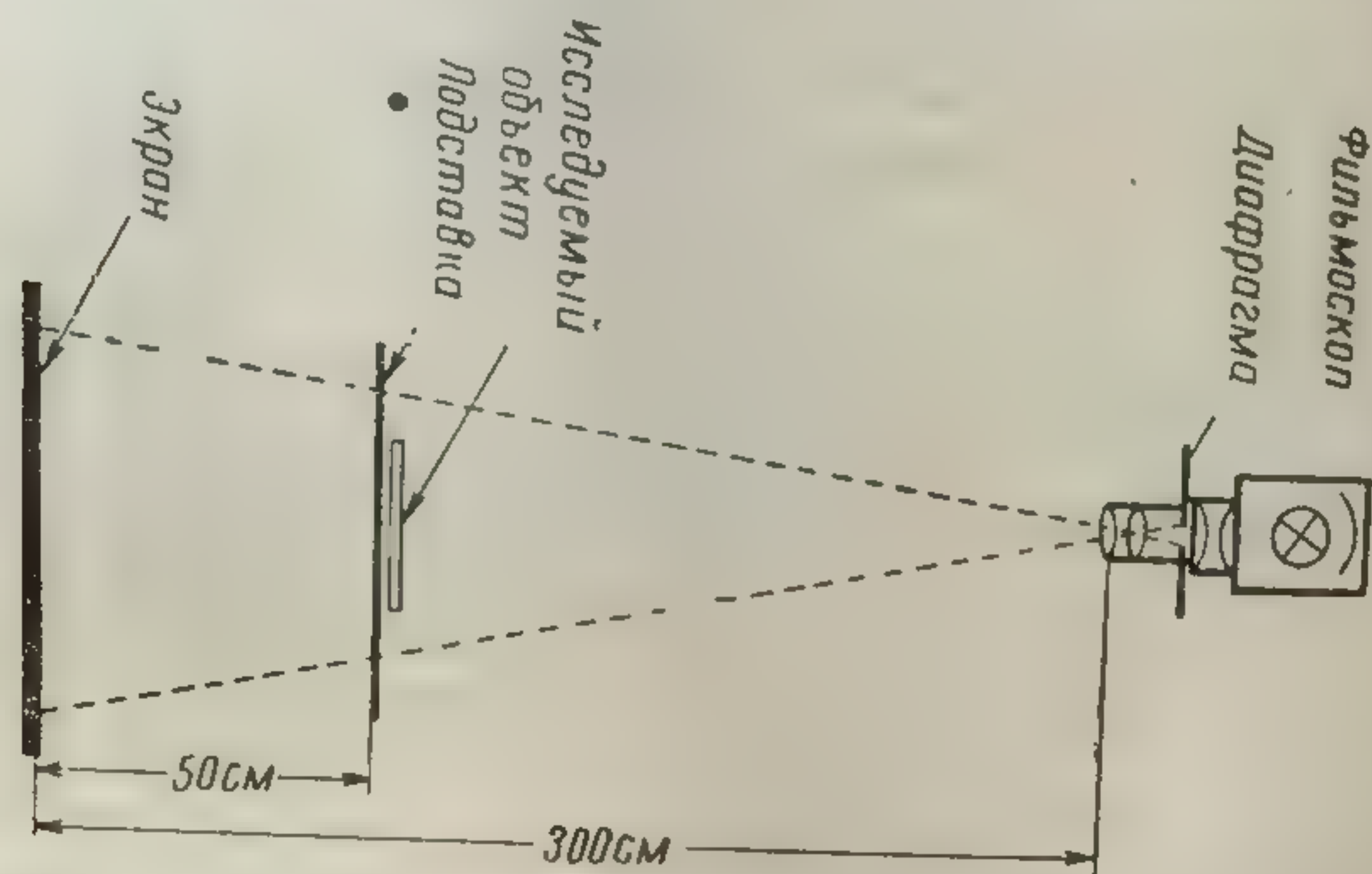


Рис. XV—6. Устройство для наблюдения оптических неоднородностей стекла

ском отношении неоднородными. Из оптических неоднородностей стекла наиболее ценными в криминалистическом отношении являются свили — неоднородности либо в виде тонких нитей с отличным от основной массы стекла показателем преломления, либо видимые как границы между двумя участками стекла с различными показателями преломления. Особенно большое количество свилей можно наблюдать в оконном стекле низкого качества (см. рис. XV—7). Нередко они могут быть обнаружены без каких-либо специальных приспособлений. Свилей чаще всего представляют собою ряд параллельных полос более или менее значительной длины. При этом не удастся обнаружить двух кусков стекла различного происхождения, которые давали бы одинаковую картину распределения свилей.

Обнаружение подобно расположенных систем свилей (наряду с совпадением иных признаков) может указывать на принадлежность двух или нескольких

сравниваемых кусков стекла одному листу, даже в случае отсутствия у них общей линии излома (рис. XV—7).

Для наблюдения оптических неоднородностей стекла может быть применено простое устройство, схема которого представлена на рис. XV—6. На высоте 2,5—3 м над уровнем пола укрепляется фильмоскоп, в кадровой рамке которого установлена небольших размеров

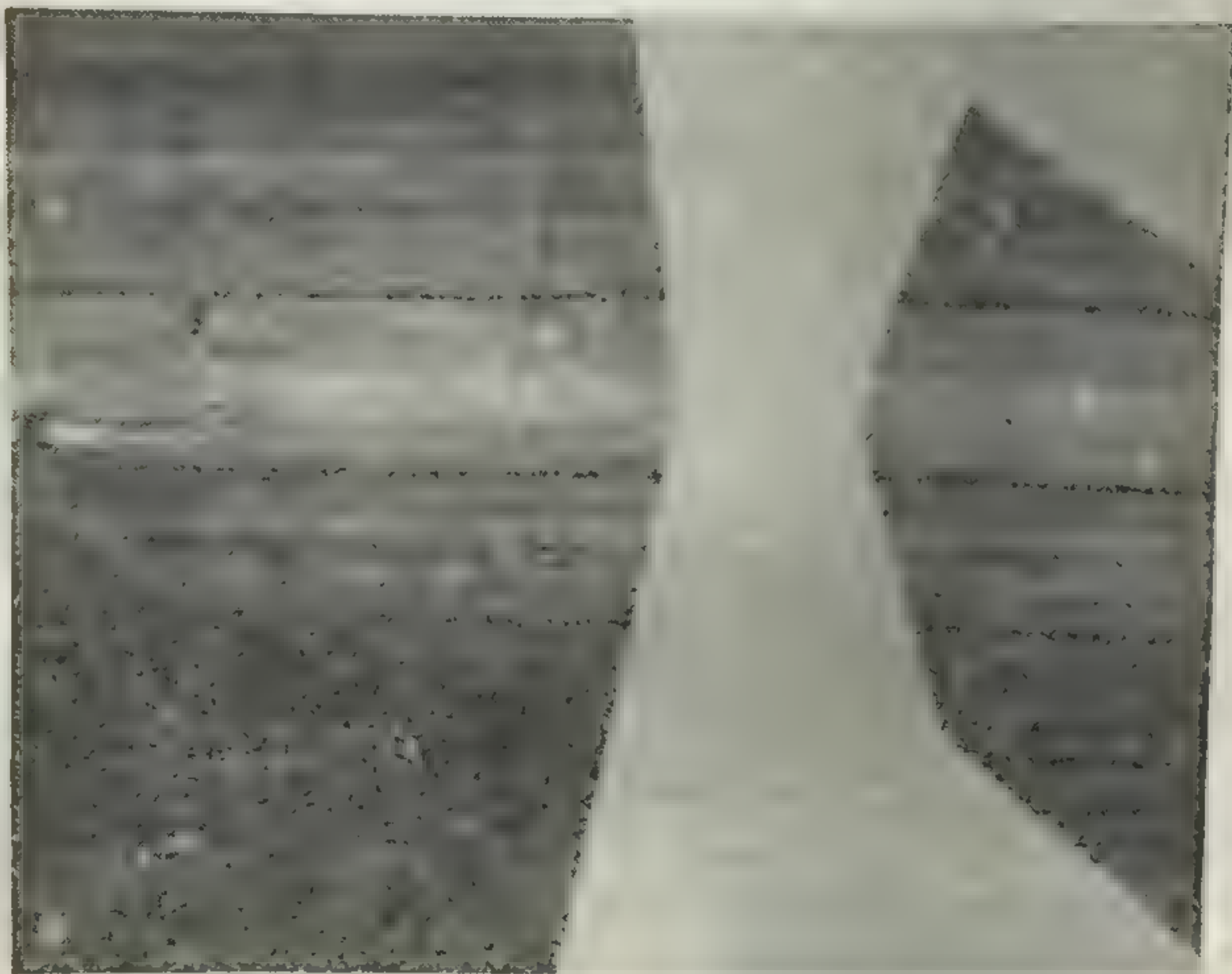


Рис. XV—7. Установление принадлежности двух кусков стекла одному листу

(несколько мм) диафрагма. Фильмоскоп дает пучок света, направленный вниз. На высоте 40—50 см от уровня пола располагается подставка из зеркального стекла высокого качества (выбирают стекло, не содержащее оптических неоднородностей), на которую укладывают исследуемые куски стекла. При наличии в них свилей они будут видны на экране, расположенном на полу.

Для фотографической регистрации наблюдаемых оптических неоднородностей к экрану прикрепляют лист фотобумаги, который экспонируют и проявляют

обычным образом. Так, например, получены фотоотпечатки оптических неоднородностей кусков оконного стекла, представленные на рис. XV—7.

§ 2. Фотографическая фиксация повреждений стекла

Обычное фотографирование повреждений стекла с помощью фотоаппарата часто дает малоудовлетворительные результаты.

Значительно лучше и проще в данном случае использовать метод контактной печати на увеличительной

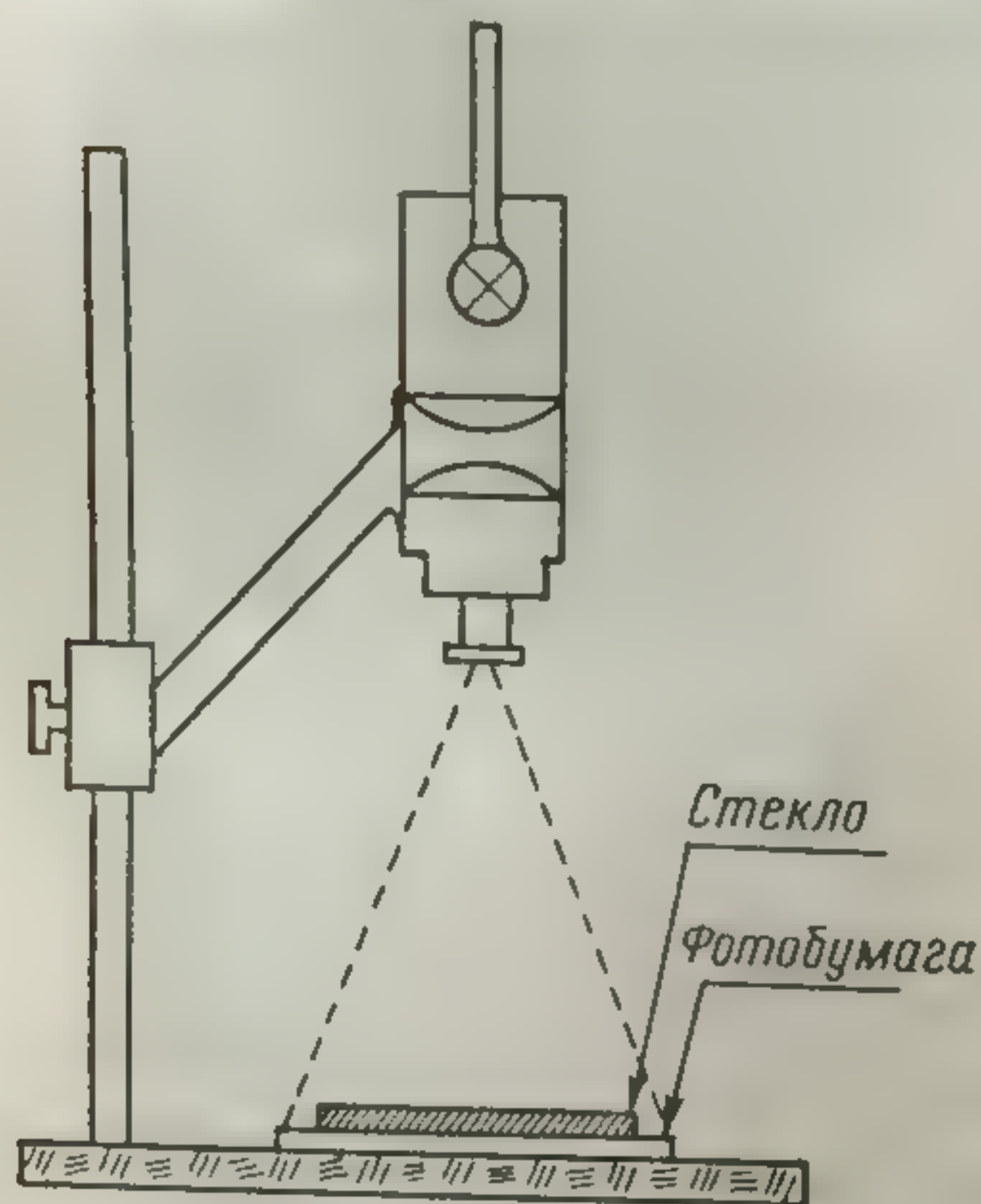


Рис. XV—8а. Схема установки для фотографирования повреждений стекла

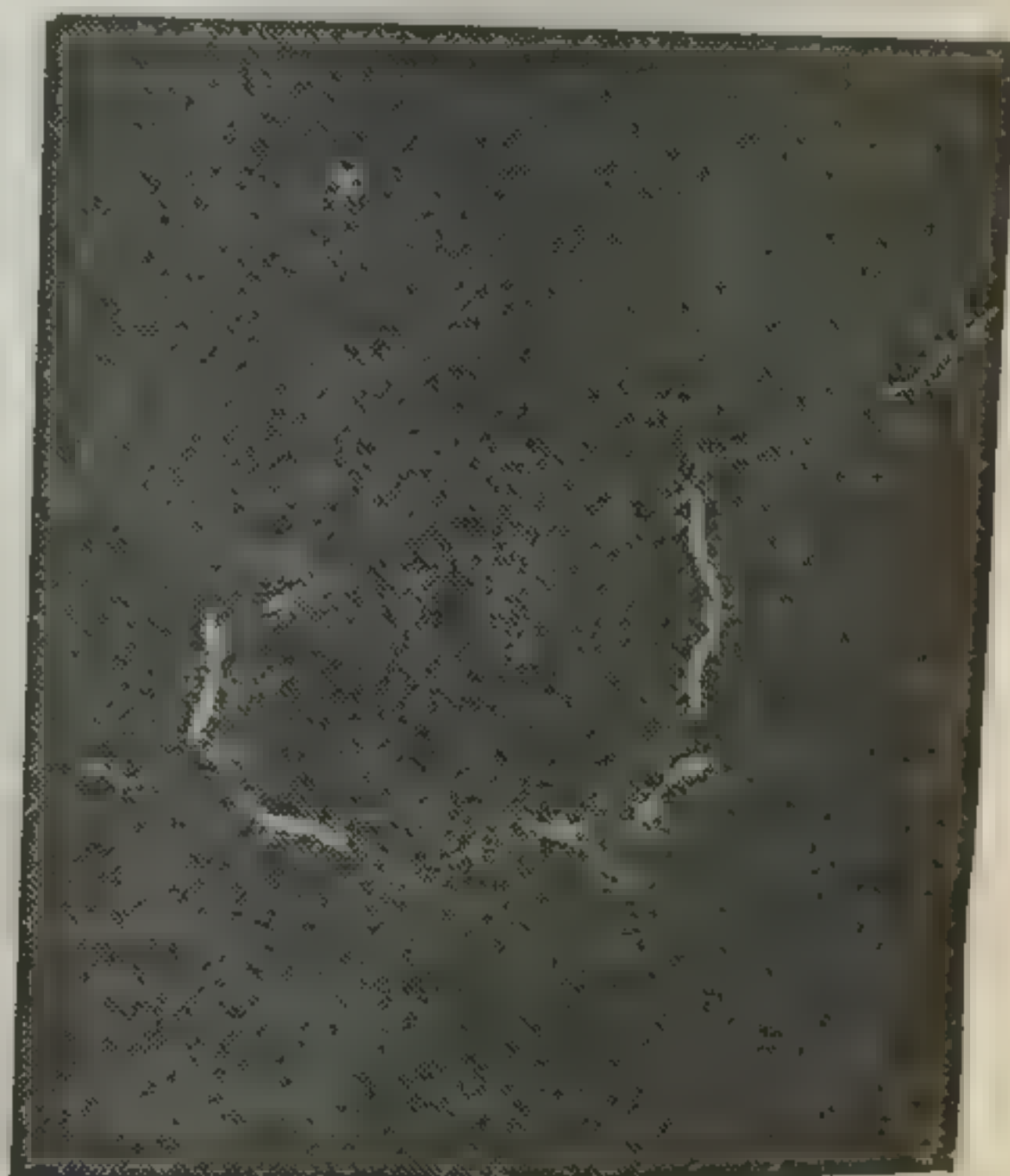


Рис. XV—8б

установке вертикального типа, например к фотоаппарату ФЭД. Исследуемое стекло с повреждениями укладывают (при красном свете) непосредственно на эмульсионный слой контрастной фотобумаги или фотопленки и освещают короткое время направленным светом фонаря увеличителя. Полученные фотоотпечатки очень хорошо передают все детали повреждений стекла; необходимо только обеспечить плотное прилегание стекла к фотобумаге (рис. XV—8б).

Фотографирование поверхности излома стекла для определения направления действовавшей силы произво-

дится фотоаппаратом с увеличением примерно в 5 раз при боковом освещении, которое устанавливается таким образом, чтобы лучше выявить детали рельефа. Во избежание перспективных искажений поверхность излома должна быть параллельна матовому стеклу фотоаппарата. Для устранения мешающих бликов можно воспользоваться поляризационными фильтрами.

Значительные трудности представляет точная фиксация повреждений, имеющих на осколках стекла. Для получения точной картины повреждений стекла в этих случаях приходится прибегать к особым приемам. В качестве примера можно привести следующий случай из практики Киевского НИИСЭ.

На месте происшествия (наезд автомобиля) был обнаружен небольшой осколок стекла продолговатой формы, длиной немногим более 1 см. На одном из автомобилей был обнаружен поврежденный подфарник, от стекла которого был отколот кусочек, по своим размерам подобный осколку, обнаруженному на месте происшествия. То обстоятельство, что края осколка были обломаны, не давало возможности произвести сравнение краев откола. Поэтому для установления принадлежности обнаруженного осколка стеклу данного подфарника необходимо было сопоставить характер поверхностей излома на осколке и на стекле подфарника.

Так как на наружной поверхности осколка стекла имелся ряд царапин и других мелких повреждений, искажавших картину при получении фотоотпечатка поверхности излома по описанному способу, то для фиксации повреждений на нем был использован следующий прием.

На кусок фотопленки было положено покровное стекло (от микроскопических препаратов), на которое было нанесено несколько капель вещества, показатель преломления которого равен показателю преломления стекла (кедровое масло), а затем положен исследуемый осколок, поверхностью излома вверх. Благодаря наличию кедрового масла, заполнившего все неровности на наружной поверхности осколка стекла, на фотоотпечатке отобразились только особенности поверхности излома.

Для получения отпечатка поверхности излома на стекле подфарника стекло было положено на

фото пленку таким образом, чтобы поверхность излома прилегала к эмульсионному слою фото пленки и был получен контактный фотоотпечаток. Фотоотпечатки в обоих случаях получались на установке для исследования оптических неоднородностей стекла.

Сравнение полученных фотоотпечатков особенностей поверхностей излома позволило дать категорическое заключение, что обнаруженный осколок стекла был отбит от стекла подфарника автомобиля.

ЛИТЕРАТУРА

Ю. В. Г о л д о в а н с к и й, Исследование осколков стекол разбитых автомобильных фар, М., 1953.

Под редакцией П. П. Китайгородского, Технология стекла, М., 1951.

С. Н. М а т в е е в, «Криминалистика и научно-судебная экспертиза», Сб. 1, Киев, 1937.

F. G. Tryhorn, Journal Criminal Law and Criminology, 1939, 30, 404.

III. МЕТОДЫ ФИКСАЦИИ СЛЕДОВ МИКРОСКОПИЧЕСКОГО РАЗМЕРА

При криминалистическом исследовании вещественных доказательств с целью идентификации орудий и инструментов большое значение имеет фиксация микроскопических следов на различных поверхностях для последующего сравнения их с экспериментальными следами. При судебно-баллистических исследованиях для идентификации оружия по выстреленной пуле фиксация осложняется тем, что следы находятся на цилиндрической поверхности, которая должна быть развернута в плоскость.

Для воспроизведения микрорельефа поверхности могут быть применены различные методы. При оценке этих методов необходимо принять во внимание возможность объективного воспроизведения профиля поверхности, позволяющего судить о распределении углублений и возвышений и, хотя бы приблизительно, оценить их относительные размеры.

Применяемые в криминалистике методы исследования следов микроскопического размера можно разделить на три группы:

1. Фотографирование в боковом освещении как непосредственно самих неровностей, так и их отпечатков.
2. Изготовление прозрачных бесцветных отпечатков.
3. Изготовление прозрачных окрашенных отпечатков.

При фотографировании с боковым освещением неровности заметны вследствие теней, отбрасываемых возвышениями.

В том случае, если сравниваемые образцы исследуются при идентичных условиях освещения — источник света расположен с одной и той же стороны и свет падает под одним и тем же углом — можно получить сопоставимые результаты для сравнения. Однако метод теней не позволяет в полной мере судить об истинном состоянии поверхности вследствие возможного перекрывания мелких возвышений тенями более крупных; кроме того, при этом методе невозможно оценить глубину широких углублений. Недостатки метода теней еще более усугубляются, если исследованию подвергаются не сами неровности, а их отпечатки. При изменении освещения меняется и изображение поверхности.

Вторая группа методов заключается в получении прозрачного отпечатка с поверхности и последующего рассматривания или фотографирования его напросвет. При этих методах наблюдаемая картина еще более далека от истинного профиля поверхности, так как на прозрачном отпечатке неровности заметны из-за преломления лучей света, вследствие чего нет возможности отличить углубления от возвышений и определить хотя бы приблизительно их относительную величину.

Третья группа методов заключается в нанесении на поверхность слоя окрашенного лака. Оптическая плотность пленки лака пропорциональна глубине неровностей. При рассматривании отпечатка напросвет после отделения пленки окрашенного лака в диффузном свете можно получить объективную картину состояния поверхности, отличить возвышения от углублений и определить относительную величину неровностей. При этом методе размер минимальной неровности, которая может быть еще воспроизведена в отпечатке, зависит от концентрации красителя в лаке. При первом и втором методе могут быть зафиксированы неровности любого размера.

Непосредственное фотографирование поверхности пули может быть произведено следующими способами:

1. При помощи микроскопа или микрообъектива. Обычно в данном случае пользуются сравнительным микроскопом, описанным в главе XII.

2. Может быть произведено фотографирование пули при помощи обычного объектива с достаточным увели-

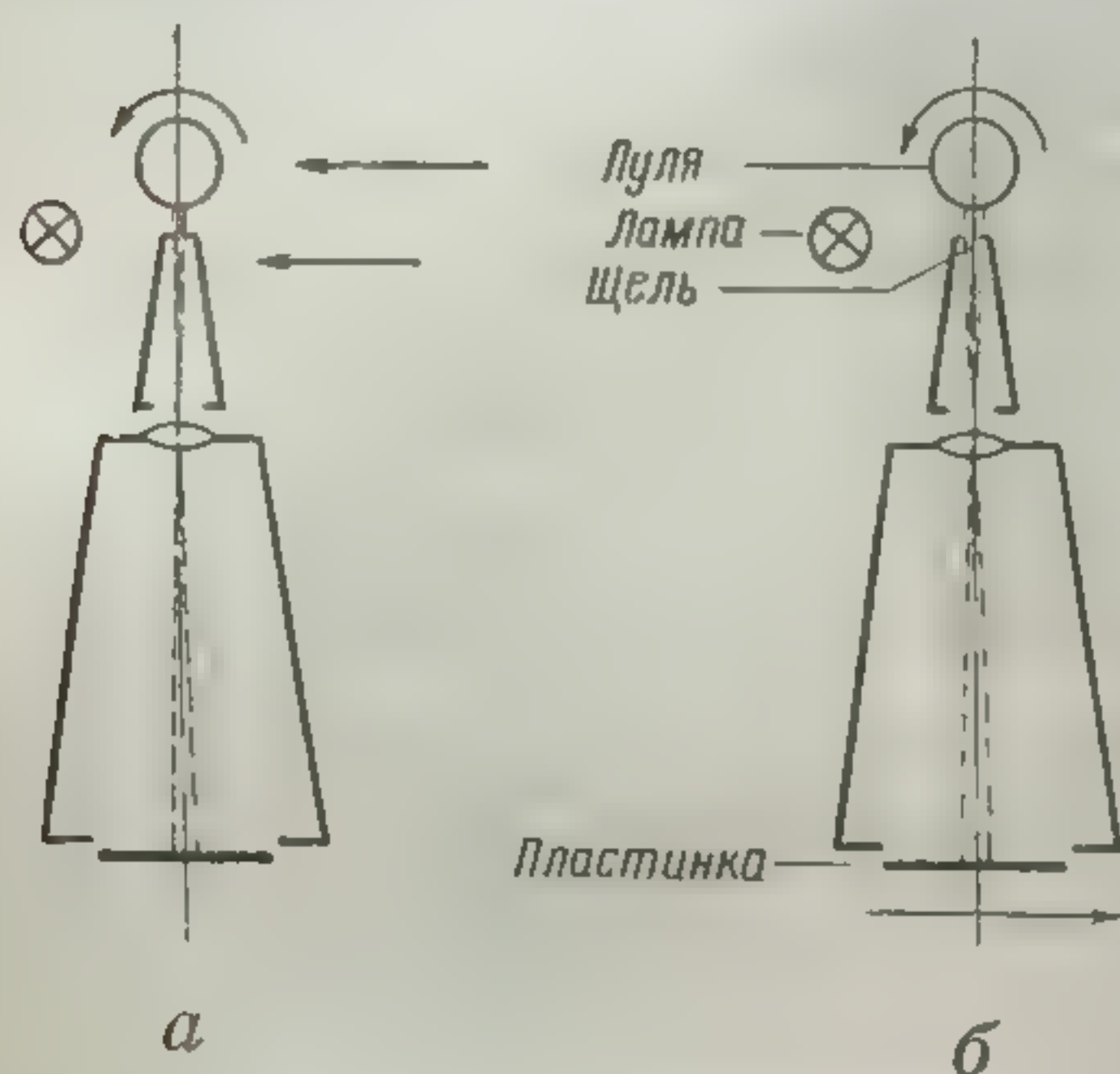


Рис. XV—9 а и б — схема аппарата для оптической развертки поверхности пули

чением как обычным аппаратом, так и аппаратом специальной конструкции, позволяющим произвести развертку цилиндрической поверхности в плоскость.

Принципиально возможны следующие пути для оптической развертки цилиндрической поверхности в плоскости.

1. Применение конических зеркал. При этом методе невозможно за один прием произвести необходимую развертку; кроме

того, в конических зеркалах нельзя обеспечить направленное боковое освещение поверхности, вследствие чего этот метод для развертки поверхности пули не применяется.

2. Применение щели, вырезающей часть изображения, при вращении и поступательном движении пули или поступательном движении пластинки. Схемы этих приспособлений показаны на рис. XV—9.

В криминалистической практике получил распространение вариант аппарата с поступательным движением пули в различном конструктивном оформлении. В подобных аппаратах наиболее рациональным является получение увеличенного изображения пули на пластинке 13×18 для последующего изготовления позитива путем контактной печати. При этом способе фиксации следов, однако, невозможна развертка деформированной пули.

Развертка поверхности пули может быть произведена и путем прокатки ее по пластическим материалам.

Применяемые для этой цели материалы можно разбить на две группы:

а) пластические материалы, в качестве которых наилучшие результаты дает так называемая «восковая композиция», применяемая при производстве патефонных пластинок. Прокатку производят пулей, нагретой до 70° . Для прокатки применяется или несложное приспособление, в котором пуля закрепляется в центрах, или прокатку производят непосредственно рукой при помощи линейки;

б) легкоплавкие металлические сплавы. Для этой цели легкоплавкий сплав, применяемый в зубоврачебной практике, выливается на стеклянную пластинку, у которой сделаны бортики из гипса. После затвердевания пластинка легкоплавкого сплава отделяется от стекла и полируется замшей или мягкой тканью. Прокатка пули производится по зеркальной поверхности пластинки в особом приспособлении, в котором обеспечивается равномерный нажим на пулю и ее вращение.

Прокатка по легкоплавкому сплаву дает ровную поверхность отпечатка, прокатка же по пластическим материалам приводит к образованию волнистой поверхности.

При фотографировании следов на легкоплавком сплаве имеет место не только образование теней, отбрасываемых возвышениями, но и зеркальное отражение гранями неровностей поверхности металла, вследствие чего создаются трудности при воспроизведении рельефа на снимке; при прокатке на пластических материалах неровности заметны благодаря наличию теней, но волнообразный профиль отпечатка создает трудности для фотографирования.

Достаточно четкий отпечаток следов на пуле с разверткой ее поверхности может быть получен гальвано-пластическим путем.

Техника получения отпечатка по этому методу такова.

Сначала изолирующим лаком покрывают оживальную часть пули и донышко, на которых не должен быть отложен слой металла. Для этой цели применяется или цапонлак (раствор целлулоида в ацетоне), или плексиглас, растворенный в дихлорэтане. Далее пуля обезжиривается промывкой в бензине и

протираанием мелом с водой. После этого производится промывка пули.

Затем поверхность пули оксидируется путем погружения ее на 1—2 сек. в 3%-ный раствор двуххромовокислого калия, после чего пуля снова промывается водой.

На пулю сначала электролитическим способом наносится слой никеля, служащего основой для нанесения более толстого медного слоя.

Далее на никелевом покрытии также путем электролиза наращивается слой меди.

Слой меди наращивается толщиной 0,5 мм. После наращивания слоя меди пуля промывается водой и слой снимается с пули. После выпрямления отпечаток поверхности пули фотографируется. И в этом случае фотографирование отпечатка затрудняется вследствие зеркального отражения и блеска поверхности.

Ко второй категории методов, основанных на образовании прозрачного отпечатка, относятся следующие:

1. Прокатка нагретой пули по рентгеновской пленке. Для этой цели пуля нагревается до 150—180° и прокатывается при помощи специального приспособления по отфиксированной, промытой и высушенной рентгеновской пленке. Полученным оттиском пули пользуются как негативом в увеличителе.

2. Образование на пуле слоя прозрачного бесцветного лака, приготовляемого по следующему рецепту:

ацетона	100 мл
амилацетата или бутилацетата	30 мл
целлулоида	1,6—2,5 г

Отделение пленки от пули значительно облегчается при смачивании водой.

Отпечатком пользуются как негативом в увеличителе. При прокатке по рентгеновской пленке отображаются лишь наиболее грубые неровности пули; при втором способе — образовании пленки лака, отображаются даже самые незначительные царапины, однако нет возможности дифференцировать углубления от возвышений и судить об их величине. Как показывает практика, применение второго метода для сопоставления следов на пулях, вследствие указанных причин, вызывает затруднения при оценке значимости следов.

Наиболее объективно судить о профиле поверхности с микроскопическими следами дает возможность метод прозрачных окрашенных отпечатков.

Техника этого метода следующая.

Пуля очищается от загрязнений в мыльной воде при помощи щетки, после чего промывается в растворе аммиака и в воде.

Высушенная пуля погружается в раствор 1:

Ацетон	100 мл
Амилацетат	30 мл
Целлулоид	2 г
Фуксин основной	0,5 г

После нанесения слоя лака пуля высушивается. Эта операция повторяется два-три раза.

Далее пуля погружается в раствор 2:

Плексиглас	25 г
Дихлорэтан	400 мл

Сушка пули после нанесения раствора 2 должна происходить при температуре, не меньшей 25°. После высыхания пленки лака она надрезается и затем осторожно отделяется от пули при смачивании водой.

После высушивания снятой пленки фильтровальной бумагой она монтируется между двумя стеклами. Можно также пленку заключить в канадский бальзам.

Такую пленку необходимо исследовать и фотографировать в диффузном свете, положив ее на опаловое стекло и освещая напросвет. Фотографирование пленки лучше всего производить сразу с достаточным увеличением на пластинку 13 × 18 изоорто с желтым светофильтром ЖС-18 при помощи микросуммара или микропланара. С полученных негативов производится контактная печать. Полученное изображение пули см. на рис. XV—10.

При указанной рецептуре и фотографировании в диффузном свете лака минимальный размер неровности, который может быть передан, равен 0,5 мк. Как показывает практика, неровности, имеющие размеры более 0,5 мк, являются решающими при идентификации оружия по пулям.

В том случае, если необходима фиксация неровностей меньшего размера, прозрачный окрашенный

отпечаток может быть сфотографирован в направленном свете.

Для этой цели удобно фотографирование в установке ФМН-2; отпечаток располагается на макростоле; передача неровностей необходимого размера обеспечивается сужением апертурной диафрагмы объектива.



Рис. XV-10. Развертка пули, полученная при помощи прозрачного окрашенного отпечатка

подбираемым опытным путем. В данном случае фотографирование лучше производить со светофильтром ЖС-18 на изоортохроматической пластинке.

Для получения отпечатков следов, расположенных на ровной поверхности, можно применить следующую модификацию метода.

На предмет со следами микроскопического размера наносится капля окрашенного лака (раствор 1), после чего к нему прижимается листок целлулоида. Через

1 мин. предмет отделяется от целлулоида. Полученный цветной отпечаток фотографируется, как указано выше. Таким образом могут быть получены отпечатки следов оружия на гильзах, следов орудий взлома и пр.

При помощи метода прозрачных окрашенных отпечатков можно зафиксировать следы и на деформированных пулях.

В качестве одного из методов получения развертки поверхности пули рекомендовалось и изредка применяется в экспертной практике распластывание непосредственно оболочки пули. Для этой цели из пули выплавляется сердечник, надрезается оживальная часть и производится разрез цилиндрической части оболочки пули, после чего оболочка распрямляется ударами резинового молотка на листе резины или зажиманием между листами картона. Однако этот метод рекомендован быть не может вследствие происходящей деформации следов и практической невозможности в достаточной степени выровнять оболочку пули.

ЛИТЕРАТУРА

- С. Д. Кустанович, Судебная баллистика, М., 1957.
Н. М. Зюскин, Криминалистика и научно-судебная экспертиза, Сб. 2, Киев, 1948.
Ю. М. Кубицкий и Х. М. Тахогоди, Сборник научных работ по судебной медицине и пограничным областям, М., 1955.
С. Л. Цин, Проблемы криминалистики, М., 1947.
В. Ф. Черваков, Судебная баллистика, М., 1937.
Н. М. Зюскин, Материалы 4-й расширенной научной конференции Киевского отделения Украинского научного общества судебных медиков и криминалистов, Киев, 1959, стр. 135.
-

Часть пятая

ФИЗИЧЕСКИЕ
МЕТОДЫ
ИССЛЕДОВАНИЯ

ИССЛЕДОВАНИЕ

§ 1. Введение

при криминалистическом исследовании

Инфракрасная спектроскопия

длин волн, спектра и пропускания

радиоволн (см. также инфракрасная

спектральная фотография)

В криминалистическом исследовании

спектра к инфракрасной области

0,72 мк — преобладают

хроматических веществ

Хотя человеческое зрение

волновому излучению

ко мала, что обусловлено

зрительным анализом

указанной области спектра

Исследования в области

в обиход криминалистическом

наиболее эффективных

способов доказывания

тодом, применяемых

ториях, были предложены

применяться на практике

зависимые от физических

свойств веществ. На практике

используются различные

способы исследования

части спектра

22

Глава XVI

ИССЛЕДОВАНИЕ В ИНФРАКРАСНЫХ ЛУЧАХ

§ 1. Применение инфракрасных лучей при криминалистических исследованиях

Инфракрасные лучи занимают обширную область длин волн, лежащих за красным концом видимого спектра и простирающихся до области ультракоротких радиоволн (см. рис. XVI—1). Чаще всего началом инфракрасной части спектра считают 0,75—0,76 мк.

В криминалистических лабораториях принято относить к инфракрасным лучи с длиной волны более 0,7—0,72 мк — предел чувствительности современных панхроматических и изопанхроматических фотоматериалов. Хотя человеческий глаз и чувствителен к более длинноволновому излучению, но эта чувствительность настолько мала, что делает практически затруднительным визуальное исследование вещественных доказательств в указанной области.

Исследования в инфракрасных лучах прочно вошли в обиход криминалистических лабораторий как один из наиболее эффективных методов исследования вещественных доказательств. Если вначале единственным методом, применявшимся в криминалистических лабораториях, был фотографический, то в дальнейшем стал применяться фотометрический, а также методы, основанные на применении электроннооптических преобразователей. На очереди стоит вопрос о применении абсорбционного молекулярного анализа в инфракрасной части спектра.

При всех этих исследованиях, кроме инфракрасной спектроскопии, в настоящее время используются инфракрасные лучи с длиной волны 0,7—2,0 мк. Более длинноволновые инфракрасные лучи не получили еще до сего времени практического применения вследствие ограниченной области чувствительности большинства

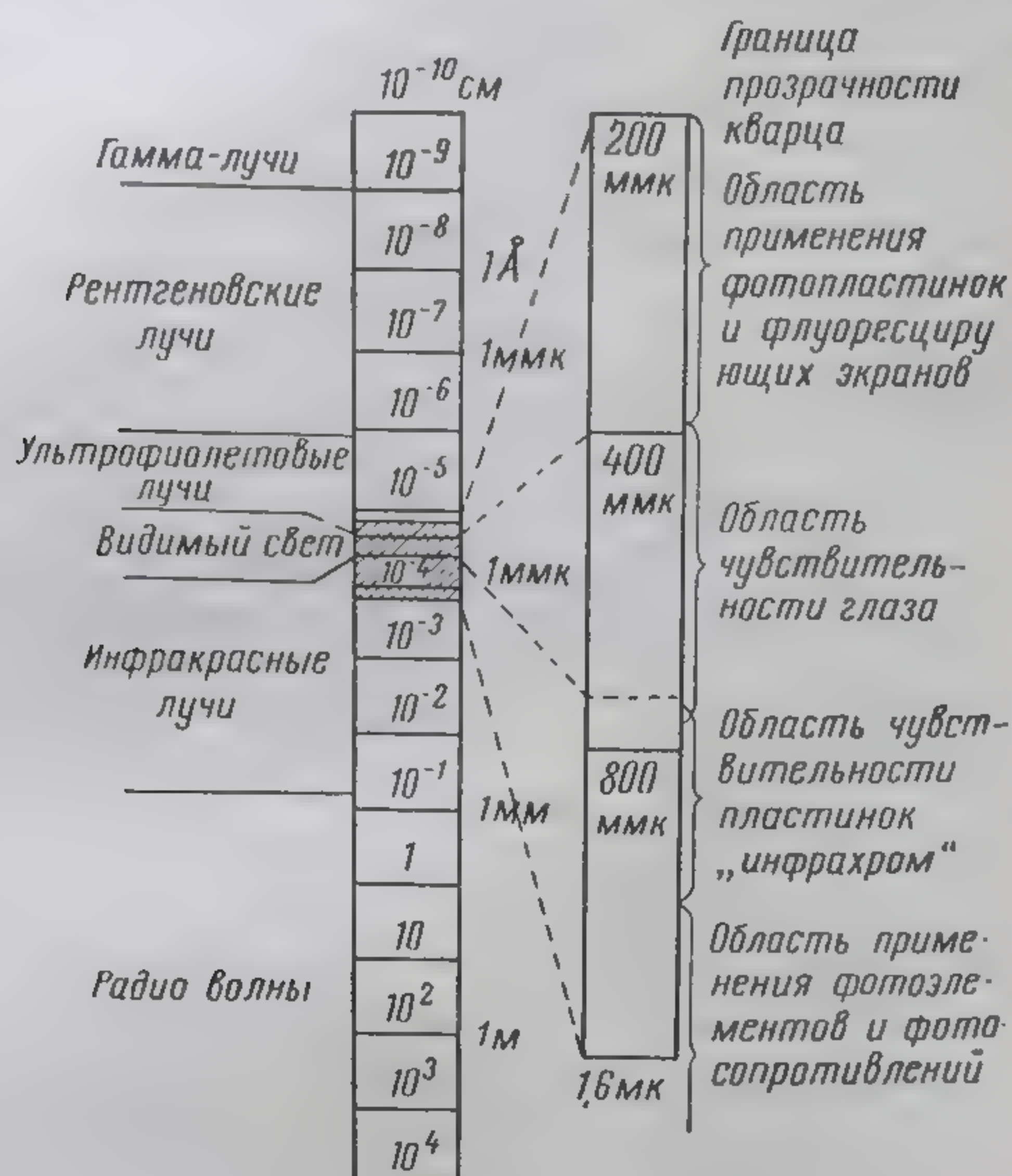


Рис. XVI—1. Место инфракрасных лучей в электромагнитном спектре

приемников инфракрасного излучения (фотографические пластинки, катоды электроннооптических преобразователей и т. д.), сложности получения и выделения длинноволновых лучей, и, наконец, необходимости при длинах волн более 2—2,5 мк специальной оптики из материалов, прозрачных в данной части спектра (сильвин, флуорит и др.).

Применение инфракрасных лучей в различных областях криминалистики обусловлено некоторыми свойствами этих лучей, отличающими их от лучей видимой части спектра, а именно:

1. Значительная проникающая способность инфракрасных лучей по сравнению с лучами видимой части

спектра; целый ряд объектов, непрозрачных для видимого света, является прозрачным для инфракрасных лучей.

2. Отражение и поглощение инфракрасных лучей различными объектами не находится в какой-либо закономерной связи с отражением и поглощением ими видимых лучей. Очень часто два красителя одинакового цвета существенно отличаются по степени поглощения ими инфракрасных лучей. Так, если взять два красителя синего цвета — берлинскую лазурь и метиленовый голубой, то в инфракрасных лучах ($\lambda = 0,7 \div 0,9$ мк) штрихи, проведенные берлинской лазурью, будут представляться темными в то время, как штрихи метиленового голубого красителя почти не будут заметны.

3. Инфракрасные спектры различных веществ характеризуют их молекулярную структуру. Это дает возможность использовать их для идентификации различных органических соединений.

4. При прохождении через слой атмосферы, содержащий различные взвешенные частицы (атмосферная дымка, туман), инфракрасные лучи рассеиваются менее, чем лучи видимые. Вследствие этого видимость на далеких расстояниях выше в инфракрасных, чем в видимых лучах.

Для исследований в инфракрасной части спектра необходимы:

1. Источник инфракрасного излучения.
2. Устройство, которое позволяло бы выделить нужную для исследования область инфракрасного спектра — светофильтр, монохроматор и пр.
3. Приемник инфракрасного излучения (фотопластинка, фотоэлемент и др.).

§ 2. Техника работы с инфракрасными лучами

а) Источники инфракрасных лучей. При исследовании в ближайшей инфракрасной части спектра в качестве источника излучения может быть использован либо дневной свет, либо различного рода искусственные источники. Для области длин волн более 2—3 мк применяются исключительно искусственные источники инфракрасного излучения.

Так как относительное значение инфракрасного излучения в общей солнечной радиации сильно колеблется, дневной свет используется только в отдельных случаях, главным образом, при фотографировании на открытом воздухе (осмотр места происшествия и т. п.).

Лабораторные источники инфракрасных лучей применяются трех видов:

1. Источники температурного излучения (электрические лампы накаливания как обычного типа, так и специальные).

2. Электролюминесцентные источники излучения (ртутные, дуговые, цезиевые и др. лампы).

3. Комбинированные источники, дающие как температурное, так и люминесцентное излучение (электрические дуги различных типов).

Наиболее целесообразным является применение таких источников, максимум излучения которых совпадает с максимумом чувствительности избранного нами приемника инфракрасных лучей.

Практически удобными источниками излучения в этой области являются лампы накаливания, электрические дуги, а также ртутные, цезиевые и криптоно-ксеноновые лампы.

Наиболее часто применяемыми в криминалистических лабораториях вследствие удобства и простоты обращения источниками инфракрасных лучей являются электрические лампы накаливания (газонаполненные).

Спектральный состав излучения, даваемого лампой накаливания, зависит от температуры нити. Например, при температуре нити $T = 2500^{\circ}\text{K}$ максимум излучения лампы находится в области $\lambda = 1,15 \text{ мк}$, а при температуре нити $T = 3000^{\circ}\text{K}$ в области $\lambda = 0,96 \text{ мк}$.

Для ближайшей инфракрасной части спектра наиболее выгодным является применение ламп с повышенной температурой накала нити. К числу таких ламп относятся кинопроекторные, прожекторные, фотолампы и другие, описанные в главе IV — «Источники света и их свойства». Лампы эти обладают еще и тем преимуществом, что имеют небольшое тело накала, вследствие чего их удобно использовать в различных оптических системах.

Рекомендуемые иногда для целей исследования в инфракрасных лучах лампы «Инфраруж», в которых

источники
электри
удобны,
лучение
красные
ствител
При
ными л
точники
ником
товленн
или «Г.
8—9 мк
применя
Крип
ния в ин
спектр с
0,9 и 1 м
Мощн
ляется ц
излучени
зиевая л
ной част
накалива
Очень
ных луче
ления, у
мощности
При дав
дится н
(рис. XV
Значи
лучей да
распреде
XVI—2г.
торой пл
ходится в
Сильно
пульсные
Хороши
является
собой соч

источником излучения является нагретая до 700—800° электрическим током проволочная спираль, менее удобны, чем лампы накаливания, так как основное излучение их приходится на более длинноволновые инфракрасные лучи ($\lambda = 2\text{—}3$ мк), к которым уже не чувствительны фотоматериалы.

При работе с более длинноволновыми инфракрасными лучами ($\lambda > 3$ мк) применяют специальные источники. К таковым относятся лампы, в которых источником излучения является накаливаемый стержень, изготовленный из карбида кремния, называемый «силитом» или «глобаром» (максимум излучения в области 8—9 мк — рис. XVI—2а). Подобные источники часто применяются в инфракрасной спектроскопии.

Криптоно-ксеноновые лампы сверхвысокого давления в инфракрасной части спектра излучают сплошной спектр с отдельными линиями в области 0,76, 0,82, 0,84, 0,9 и 1 мк.

Мощным источником инфракрасного излучения является цезиевая резонансная лампа, дающая максимум излучения в области 0,86 и 0,89 мк (рис. XVI—2б). Цезиевая лампа мощностью в 100 ватт дает в инфракрасной части спектра такую же мощность, как и лампа накаливания в 700 ватт.

Очень хорошими источниками ближних инфракрасных лучей являются ртутные лампы сверхвысокого давления, у которых с повышением давления возрастает мощность излучения в инфракрасной части спектра. При давлении в 200 атм 34% всего излучения приходится на ближнюю инфракрасную часть спектра (рис. XVI—2в).

Значительное количество ближних инфракрасных лучей дает также электрическая дуга, спектральное распределение излучения которой приведено на рис. XVI—2г. Максимум излучения для обычной дуги, в которой плотность тока не превосходит 30 ампер/см², находится в области 0,7—0,8 мк.

Сильное излучение в области 0,7—1,2 мк дают импульсные газоразрядные лампы (см. главу III).

Хорошим излучателем ближних инфракрасных лучей является комбинированная лампа, представляющая собой сочетание в одном баллоне ртутной лампы

сверхвысокого давления с вольфрамовой лампой нака-
ливания. Спектральное излучение этой лампы показано
на рис. XVI—2д.

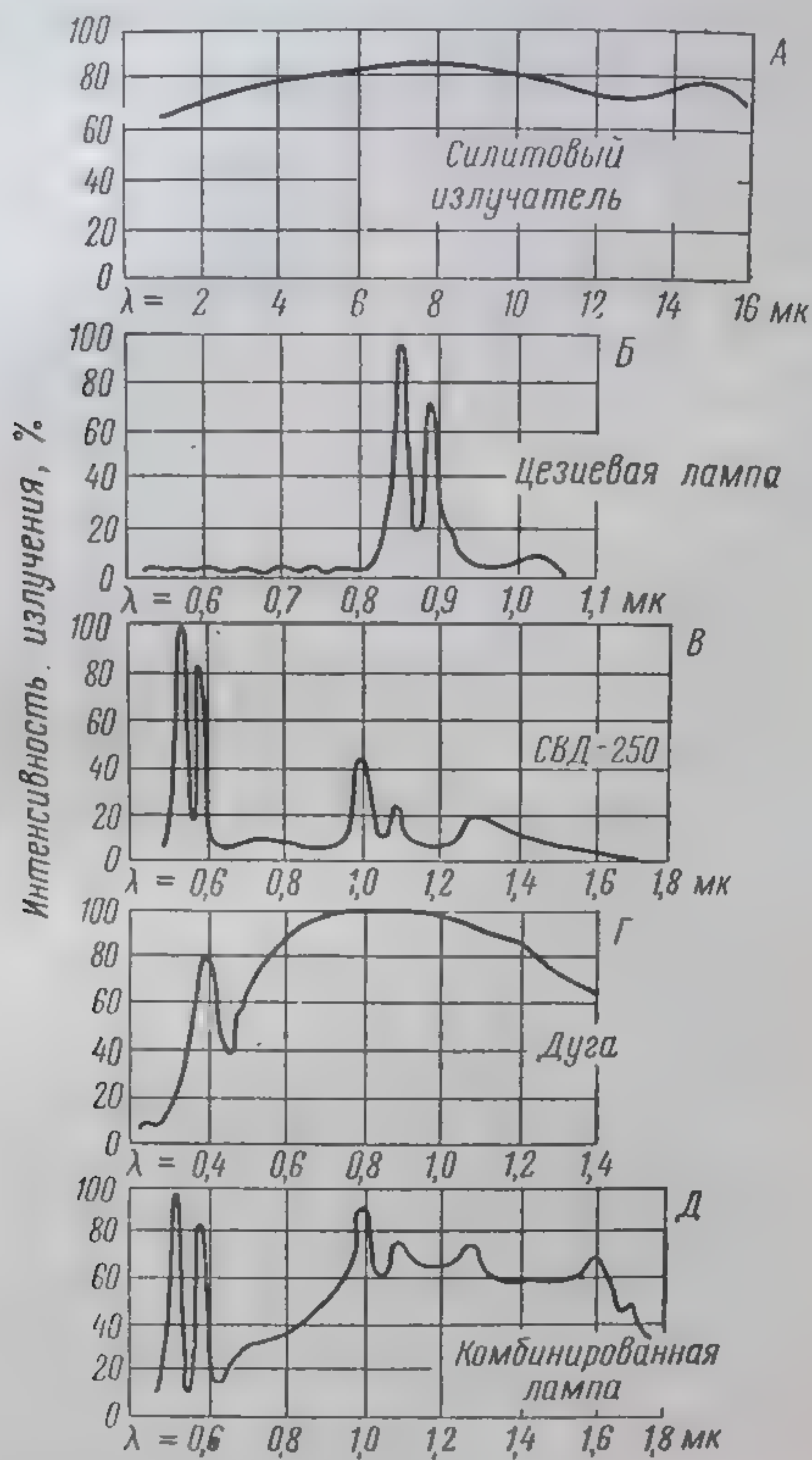


Рис. XVI—2. Спектральные кривые
излучения

б) Способы выделения инфракрасных
лучей. Все практически применяемые источники ин-
фракрасных лучей излучают также то или иное коли-
чество лучей видимой, а в некоторых случаях и ультра-
фиолетовой части спектра. Поэтому необходимо приме-
нять такие приспособления, которые позволили бы из
общего излучения источника выделить интересующий

нас участок инфракрасной области спектра. В иных случаях, наоборот, нужно поглотить инфракрасные лучи с тем, чтобы на исследуемый объект действовали только видимые лучи.

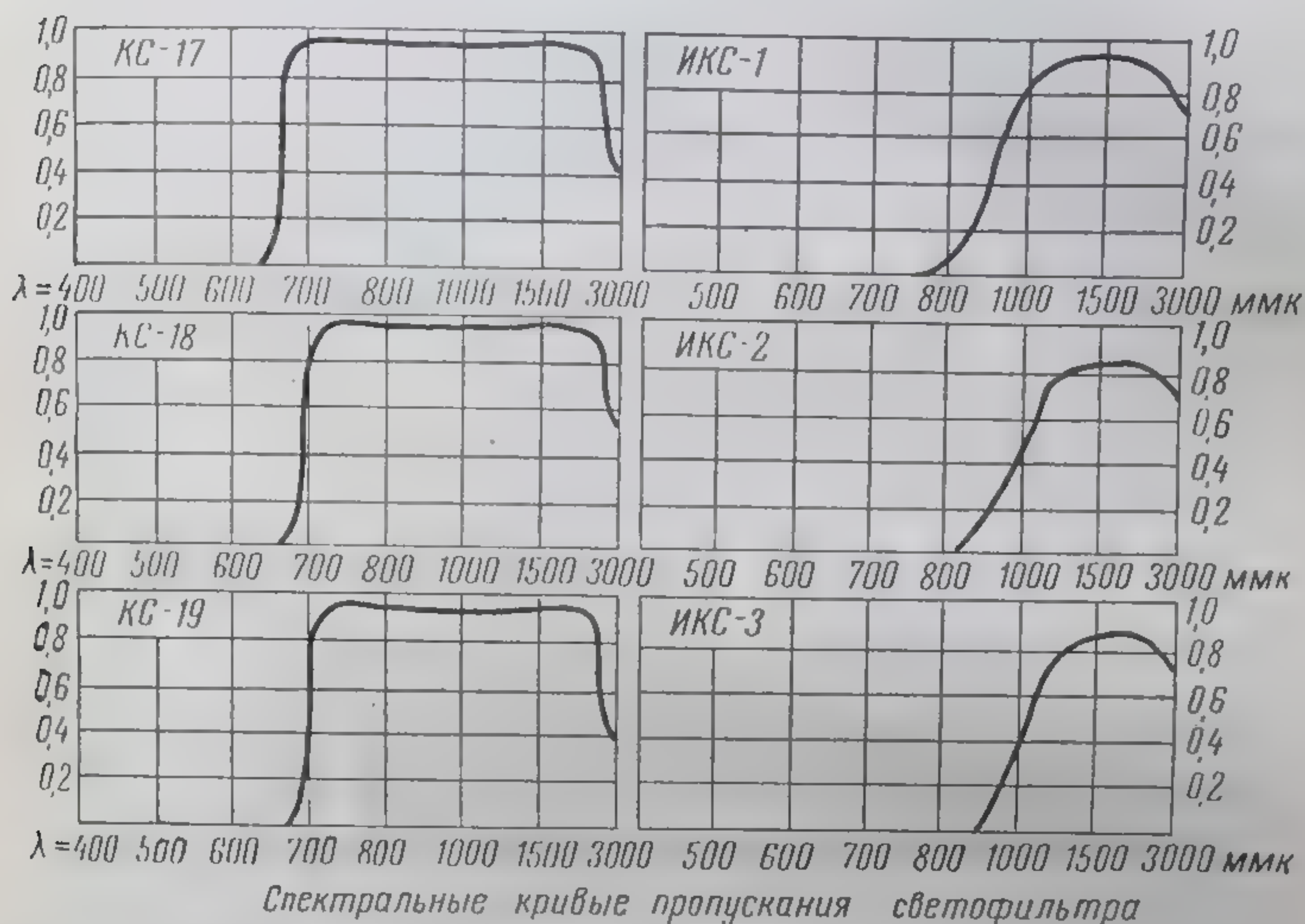


Рис. XVI—3. Кривые пропускания фильтров КС-17, КС-18, КС-19, ИКС-1, ИКС-2, ИКС-3

Для всех этих целей пользуются твердыми и жидкими светофильтрами (см. главу VII).

В зависимости от назначения светофильтры могут быть разделены на три группы.

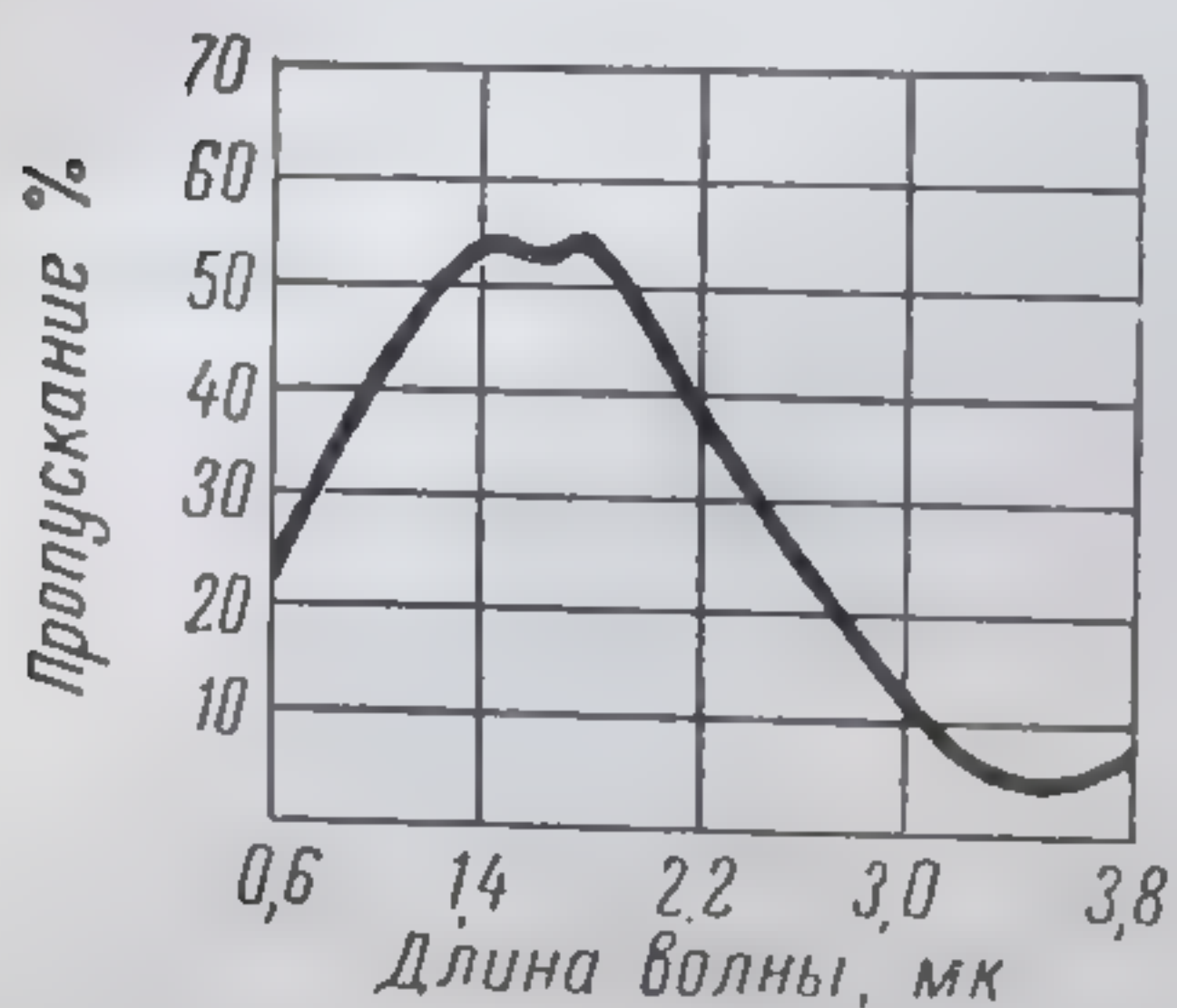
1. Фильтры, пропускающие инфракрасные и поглощающие видимые лучи.

2. Фильтры для выделения отдельных областей инфракрасной части спектра.

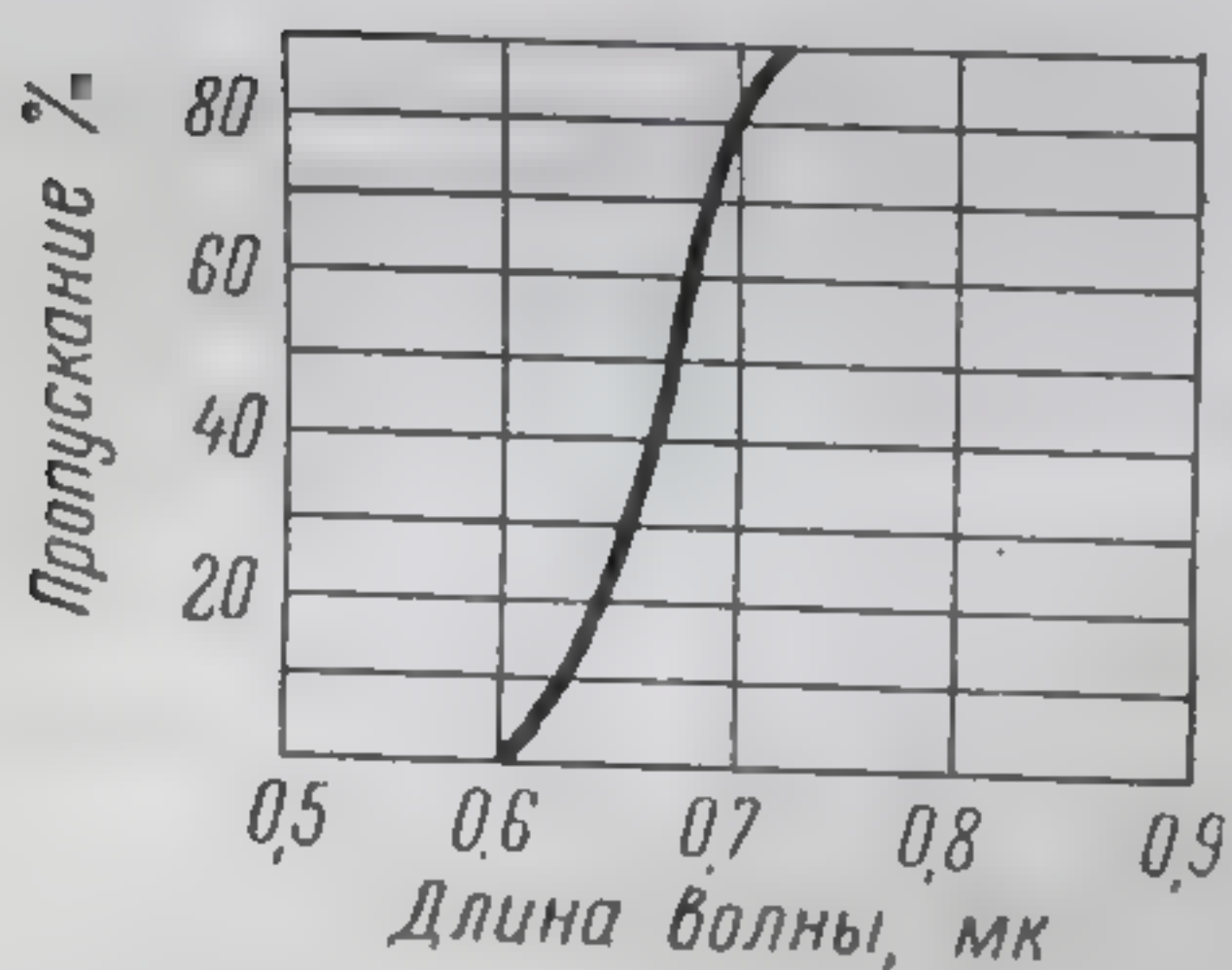
3. Фильтры, поглощающие инфракрасные лучи.

Фильтры первой группы в зависимости от того, пропускают ли они наряду с инфракрасными также и некоторую часть красных лучей, представляются либо темнокрасными, либо черными, непрозрачными, через которые иногда только можно рассмотреть диск солнца или нить лампочки.

Для выделения различных участков инфракрасной области спектра применяются твердые светофильтры, состоящие либо из окрашенных органическими красителями желатиновых или коллодионных пленок, либо из стекла, окрашенного в слое, либо, наконец, из материалов, непрозрачных для видимых, но пропускающих инфракрасные лучи (например эбонит и т. п.).



a



b

Рис. XVI—4. Кривые пропускания фильтра (a — эбонитовый, б — составной)

Из числа фильтров, изготовляемых нашей промышленностью из окрашенного стекла, могут быть использованы светофильтры КС-18, КС-19 и ИКС-1, ИКС-2.

Кривые пропускания этих фильтров приведены на рис. XVI—3. Фильтры КС-17, КС-18 и КС-19, кроме инфракрасных, пропускают еще также и красные лучи. Остальные фильтры пропускают только инфракрасные лучи с длиной волны более 0,8 мк.

В лабораторных условиях легко могут быть изготовлены светофильтры с желатиновыми пленками, пропускающие крайние красные и инфракрасные лучи. Для этой цели изготовляют два светофильтра (см. главу VII): один фиолетовый, содержащий краситель основной фиолетовый с концентрацией 1 г/м², и второй желтый или оранжевый. Для желтого фильтра берется краситель тартрацин в концентрации 6 г/м² и для оранжевого — хризоидин в концентрации 6 г/м². Оба светофильтра складывают вместе и склеивают канадским бальзамом. Кривая пропускания такого составного фильтра представлена на рис. XVI—4б.

При фотометрических измерениях иногда удобно пользоваться тонкой эбонитовой пластинкой толщиной до 1 мм, из которой легко вырезается фильтр нужных

При фотометрических измерениях иногда удобно пользоваться тонкой эбонитовой пластинкой толщиной до 1 мм, из которой легко вырезается фильтр нужных

размер
рис. XVI
Гра
спектра
2.8—3
в знач
Вследст
длина
димо из
В та
которых
лучей.

Наимено
вещес

Стекло .
Кварц пл
ный . . .
Кварц крис
ческий .
Фтористый
Слюда муск
Слюда биот
Флюорит (ф
стый кал
Фтористый
трий . . .
Каменная
(хлористый
трий) . .
Сильвин (с
стый кал
Бромистый

Прим
1. Коэф
количества
2. NaF

размеров. Кривая пропускания эбонита приведена на рис. XVI—4а.

Граница прозрачности в инфракрасной области спектра для всех стеклянных фильтров находится у 2,8—3 мк, так как при этой длине волны стекло уже в значительной мере поглощает инфракрасные лучи. Вследствие этого для работы с инфракрасными лучами, длина волны которых превосходит 2—2,5 мк, необходимо изготавливать призмы и линзы из иных материалов.

В таблице приведены оптические характеристики некоторых материалов, прозрачных для инфракрасных лучей.

Наименование вещества	Химическая формула	Область пропускания мк	Коэффициент пропускания в %	Предел пропускания $\sigma < 10\%$ мк	Удельный вес г/см ³
Стекло	—	до 2—2,5	90	3	2,2—2,8
Кварц плавлен- ный	SiO ₂	0,2—3	80	4	2,02
Кварц кристаллический	SiO ₂	0,2—3,5	80	4	2,2—2,6
Фтористый литий	LiF	0,12—6	80	8	2,3
Слюда мусковит .	—	до 7	80	10—15	2,75—3
Слюда биотит . .	—	до 8	80	11—15	2,7—3,1
Флюорит (фтористый кальций)	CaF ₂	0,13—9,5	90	10	3,2
Фтористый натрий	NaF	до 12	90	16	2,7
Каменная соль (хлористый натрий)	NaCl	0,2—15,5	90—20	19	2,1—2,3
Сильвин (хлористый калий) . .	KCl	0,2—21	90—25	24	2
Бромистый калий	KBr	0,21—29	30	31	2,75

Примечания:

1. Коэффициент пропускания представляет собой отношение количества излучения, прошедшего через слой к падающему.

2. NaF, NaCl, KCl и KBr легко растворимы в воде.

Кроме указанных светофильтров, действие которых основано на поглощении, для выделения лучей различных участков инфракрасной области спектра применяются также светофильтры и других типов — порошковые и дисперсионные, действие которых основано на рассеивании лучей в зависимости от показателя преломления среды.

Как порошковые, так и дисперсионные фильтры в настоящее время в практике работы криминалистических лабораторий не применяются.

Для поглощения инфракрасных лучей в тех случаях, когда необходимо пропустить только лучи видимой части спектра (например при изучении инфракрасной люминесценции), применяют либо твердые светофильтры СЗС-8 или СЗС-10, либо жидкие, представляющие собой водные растворы некоторых неорганических солей, преимущественно солей меди (CuSO_4 , CuCl_2). На рис. XVI—5 приведены кривые пропускания ряда подобных фильтров.

Вода заметно поглощает инфракрасные лучи с длиной волны 0,9 мк и непрозрачна для волн, длиннее 1,4 мк. Поэтому жидкие фильтры с водой иногда применяются для поглощения длинноволновых инфракрасных лучей, вызывающих нагревание оптических систем.

Тепловое действие светового пучка может быть настолько сильным, что может привести к повреждению исследуемого объекта. Этого можно избежать, помещая на пути светового пучка кювету с водой или специальные защитные фильтры из фосфатного стекла, поглощающего инфракрасные лучи.

Для выделения узких участков инфракрасной части спектра могут быть использованы монохроматоры, например, монохроматор для инфракрасных лучей, изготовленный мастерскими ГОИ с оптикой из сферических зеркал и призмами из каменной соли (для области 0,589—15 мк) или сильвина (для области 0,589—22 мк).

в) Приемники инфракрасных лучей. В обычных условиях человеческий глаз воспринимает как свет излучения с длиной волны до 0,76 мк. При благоприятных условиях эта граница может быть значительно продвинута в область длинных волн. Установлено, что в области длинных волн человеческий глаз способен видеть излучения до 0,95 мк. Однако при этом

чувств
тическ
излуче
за 1 в

пропускание

ность л
250 раз
0,00006,
при осо
посредст
красных

чувствительность глаза настолько понижается, что практически использовать глаз как приемник инфракрасного излучения не представляется возможным. Если принять за 1 видность лучей с длиной волны 0,555 мк, то вид-

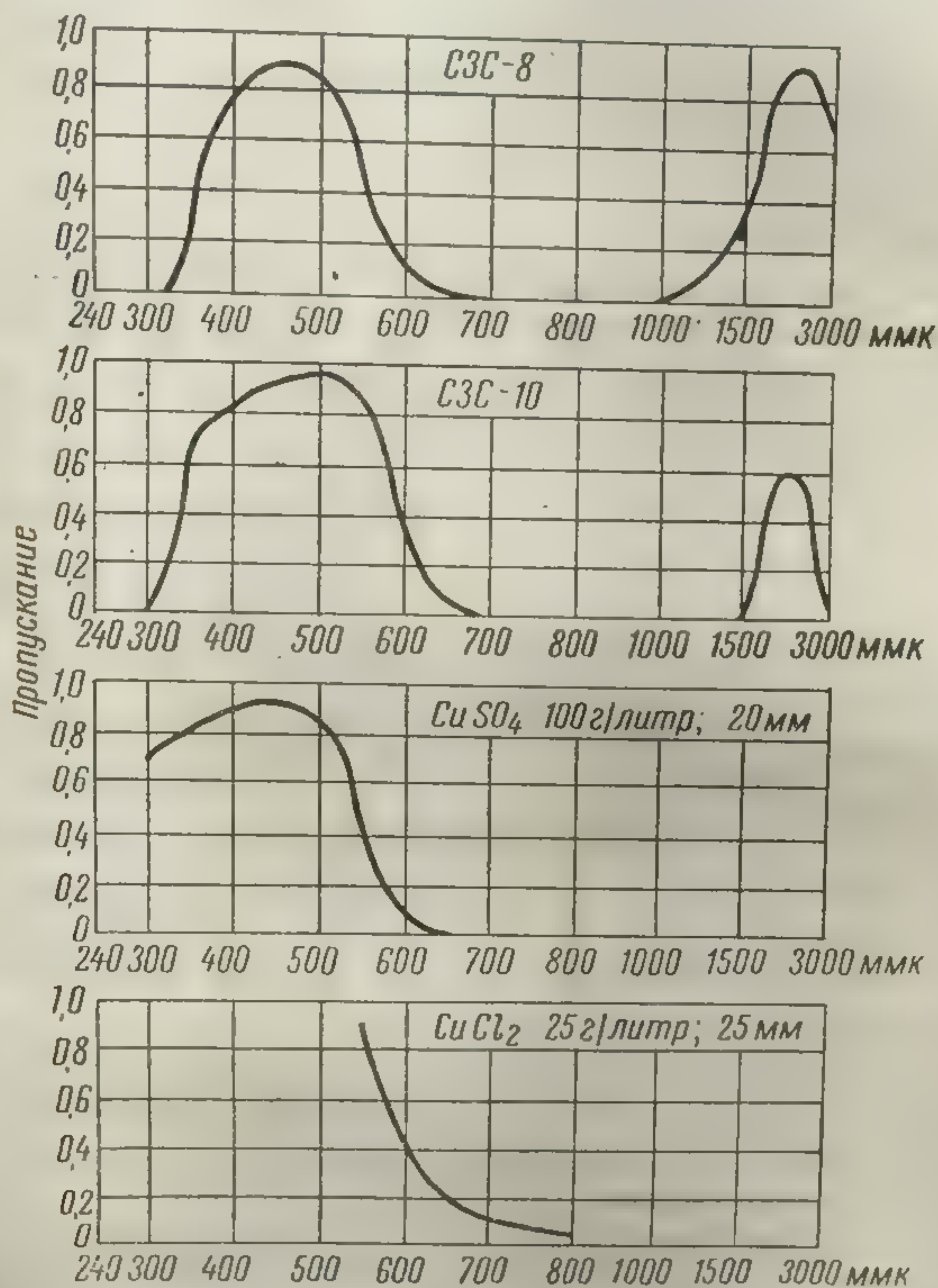


Рис. XVI—5. Кривые пропускания некоторых фильтров, поглощающих инфракрасные лучи

ность лучей с длиной волны 0,7 мк будет 0,0041, т. е. в 250 раз меньшая, а лучей с длиной волны 0,76 мк — 0,00006, т. е. в 15 000 раз меньшая. Понятно, что только при особых условиях освещения может идти речь о непосредственных наблюдениях глазом, в области крайних красных и ближних инфракрасных лучей.

В качестве приемников инфракрасных лучей чаще всего используются следующие:

1. Фотографические материалы, сенсibilизированные к инфракрасным лучам.
2. Фотоэлектронные индикаторы инфракрасных лучей.
3. Люминофоры, чувствительные к инфракрасным лучам.
4. Термоэлементы.
5. Термисторы.

До недавнего времени основным приемником инфракрасного излучения в криминалистических лабораториях являлись фотографические материалы, очувствленные к лучам ближайшей инфракрасной части спектра.

Фотографические пластинки, сенсibilизированные к инфракрасным лучам, обладают чувствительностью к лучам с длиной волны $0,7—1,3$ мк в зависимости от примененного сенсibilизатора. Чаще всего при криминалистических исследованиях применяются пластинки, очувствленные к области $0,7—0,9$ мк.

Фотоэлектронные индикаторы служат для непосредственного преобразования энергии инфракрасного излучения в электрическую с использованием фотоэлектрического эффекта. К фотоэлектронным индикаторам относятся фотоэлементы и фотокатоды электронно-оптических преобразователей, служащих для преобразования инфракрасного изображения в видимое.

В фотокатодах электронно-оптических преобразователей используется внешний фотоэлектрический эффект, в фотоэлементах, применяемых для фотометрических измерений в инфракрасных лучах, чаще всего, фотоэффект в запирающем слое.

При попадании света на чувствительный слой, являющийся катодом, за счет энергии излучения происходит вырывание электронов во внешнее пространство. Эти электроны устремляются к аноду, что вызывает появление в цепи фотоэлемента тока, измеряемого гальванометром.

В качестве индикаторов инфракрасных лучей наиболее часто применяются кислородно-цезиевые катоды, кривая спектральной чувствительности которых приведена на рис. XVI—6.

Фотоэлементы с внешним фотоэффектом обладают относительно небольшой чувствительностью и требуют дополнительного источника тока. Область чувствительности — ближайшая инфракрасная часть спектра.

В фотоэлементах с внутренним фотоэффектом наблюдается увеличение электропроводности вещества под действием падающей на него лучистой энергии.

В настоящее время известен ряд фотосопротивлений, обладающих высокой чувствительностью в инфракрасной части спектра, до 5—6 мк. Так, сернисто-таллиевые фотосопротивления, иначе называемые талофидами, обладают чувствительностью в области до 1,3—1,4 мк. Сернисто-свинцовые фотосопротивления чувствительны к инфракрасным лучам до 3—4 мк с максимумом при 2—3 мк, и, наконец, селенисто-свинцовые и теллуристо-свинцовые фотосопротивления обладают чувствительностью до 5—6 мк.

При фотометрических измерениях в инфракрасной части спектра обычно применяются фотоэлементы с запирающим слоем, не требующие внешнего источника напряжения.

Эти фотоэлементы устроены следующим образом:

На железную пластинку нанесен слой полупроводника (смесь сернистого таллия с теллуром), на который в свою очередь нанесен полупрозрачный слой металла (золото). На границе между верхним полупрозрачным металлическим электродом и полупроводником образуется так называемый запирающий слой, пропускающий электроны только в одном направлении.

При освещении фотоэлемента в цепи возникает электрический ток, вызванный движением электронов по направлению от металлической пластинки к верхнему полупрозрачному электроду.

Из числа фотоэлементов с запирающим слоем, чувствительных к инфракрасным лучам, следует указать

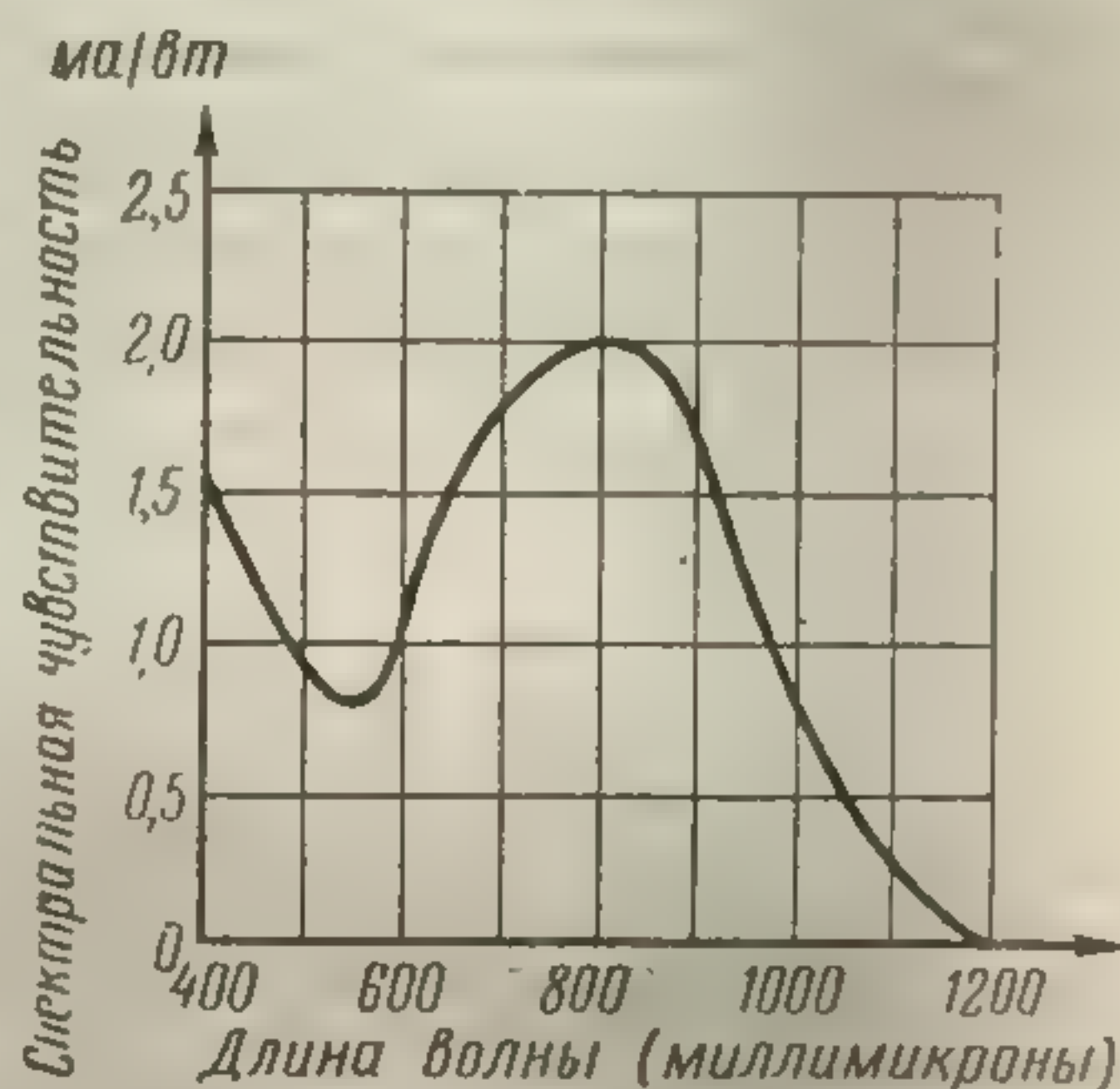


Рис. XVI—6. Кривая спектральной чувствительности кислородно-цезиевых катодов

на сернистоталлиевые и сернистосеребряные (ФЭСС), обладающие большой чувствительностью к инфракрасным лучам. Кривые спектральной чувствительности этих фотоэлементов приведены на рис. XVI—7. Они обладают довольно широкой областью спектральной чувствительности в пределах от 0,4 до 1,3 мк с максимумом около 1 мк.

Люминофорами называются вещества, обладающие люминесценцией, т. е. свойством излучать видимый свет под действием падающего на них излучения (см. главу XVIII).

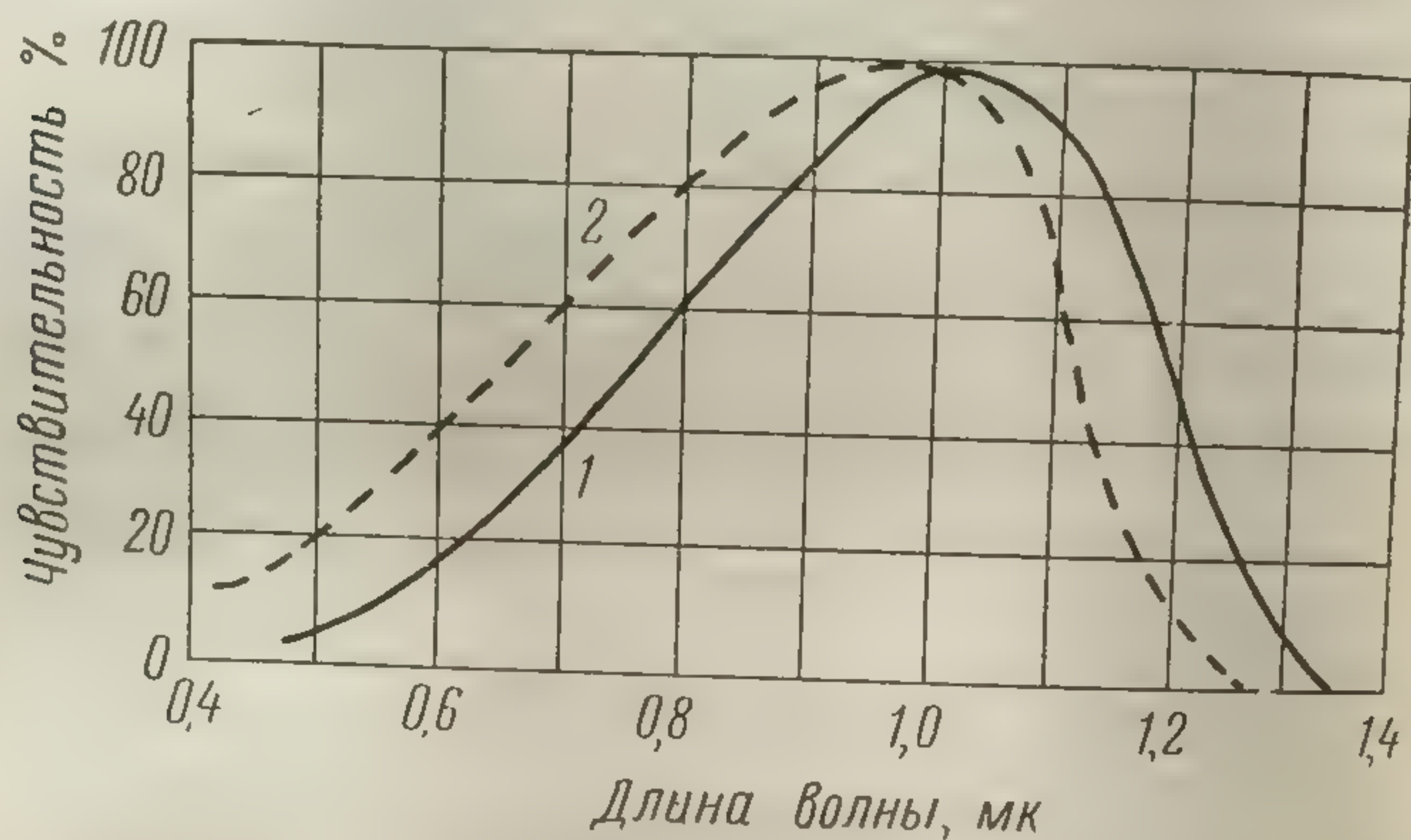


Рис. XVI—7. Кривые спектральной чувствительности сернистоталлиевого (2) и сернистосеребряного (1) фотоэлементов

Под действием инфракрасных лучей в некоторых люминофорах наблюдается явление тушения люминесценции. Это явление заключается в том, что если на фосфоресцирующий экран, свечение которого было вызвано ультрафиолетовыми лучами (или видимым светом), направить пучок инфракрасных лучей, то те участки экрана, на которые попали инфракрасные лучи, прекращают свечение и становятся темными.

Это свойство люминофоров используется при фотографировании в инфракрасных лучах (12,27).

В кассету фотоаппарата вместо фотопластинки помещается экран, покрытый фосфоресцирующим веществом, которое непосредственно перед съемкой было подвергнуто действию ультрафиолетовых лучей или интенсивного видимого света. На фосфоресцирующий экран попадает изображение, образованное объективом фотоаппарата.

парата в инфракрасных лучах (перед объективом установлен инфракрасный фильтр). Вследствие тушения фосфоресценции на экране образуется негативное изображение снимаемого объекта. В темноте к экрану прикладывается лист фотобумаги, на котором после проявления получается позитивное изображение объекта. Метод этот, однако, до настоящего времени разработан недостаточно, и потому не нашел практического применения в криминалистике.

Все описанные приемники инфракрасного излучения являются селективными, т. е. обладающими различной чувствительностью к излучениям разных длин волн. Наряду с ними в технике инфракрасных лучей применяются также и неселективные приемники, обладающие одинаковой чувствительностью в определенном, довольно широком участке длин волн.

К числу неселективных приемников инфракрасного излучения принадлежат термоэлементы и термисторы. Эти приемники используются главным образом для инфракрасных лучей, длина волны которых более 5—6 мк.

В литературе описан ряд термоэлементов, применяемых при работе в инфракрасной части спектра.

В последние годы в качестве неселективных приемников инфракрасного излучения начинают получать все более и более широкое распространение термисторы. В термисторах используется свойство некоторых полупроводников в сильной степени изменять свое сопротивление уже при небольших изменениях температуры. Перед термоэлементами термисторы обладают преимуществами: большей прочностью и стабильностью в работе.

г) Методы исследования в инфракрасных лучах. В настоящее время при экспертизе вещественных доказательств применяются следующие методы исследования в инфракрасных лучах:

1. Визуальные наблюдения в крайней красной и ближней инфракрасной частях спектра.

2. Визуальные наблюдения с помощью электронно-оптических преобразователей.

3. Фотографирование в инфракрасных лучах.

4. Фотометрические и спектро-фотометрические измерения.

5. Абсорбционный молекулярный анализ в инфракрасной области спектра.

§ 3. Визуальные наблюдения в крайней красной и ближней инфракрасной частях спектра

При этом способе исследуемое место объекта освещается концентрированным пучком света, даваемым каким-либо достаточно мощным осветителем. Это место рассматривают через темно-красный фильтр, в качестве которого могут быть использованы, например, комбинация фильтров КС—19 и ФС-7 или фильтры типа УФС,

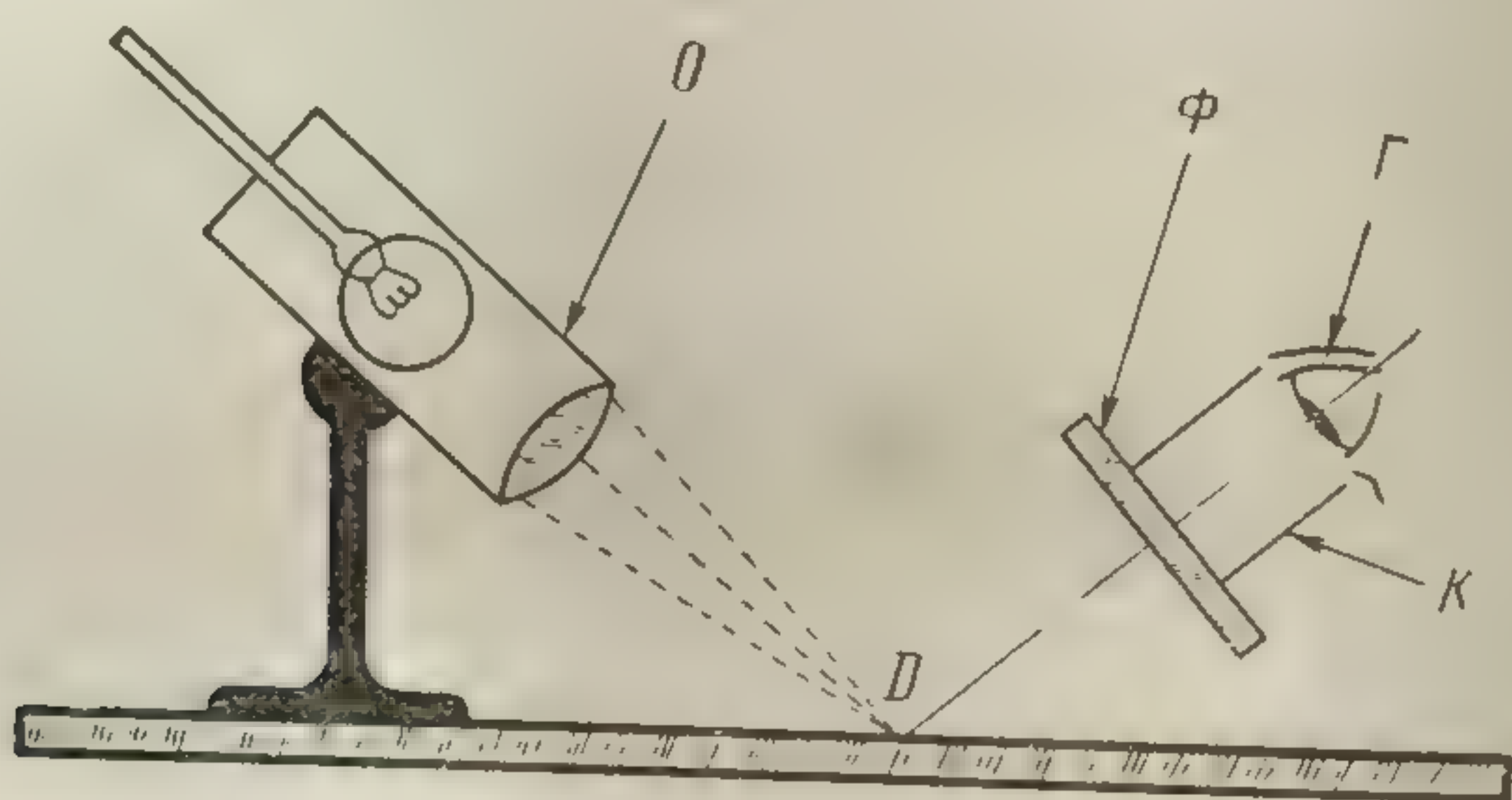


Рис. XVI—8. Схема визуального наблюдения в крайней красной части спектра:

О — осветители, Д — исследуемый объект, Ф — светофильтр, Г — глаз, К — картонная трубка

применяемые для люминесцентного анализа в ультрафиолетовых лучах, но обладающие также полосой пропускания в крайней красной части спектра. Для защиты глаза наблюдателя от засветки между глазом и светофильтром устанавливается небольшая картонная трубка, защищающая глаз от попадания в него постороннего света, не прошедшего через фильтр. При достаточно ярком освещении через несколько минут адаптации глаз начинает различать детали исследуемого объекта. Видимая при этом картина соответствует той, которая получается при фотографировании на пластинках «Инфрахром 760». Особое внимание следует обратить на то, чтобы в глаз не мог попасть свет, не прошедший через светофильтр (рис. XVI—8).

§ 4. Визуальные наблюдения с помощью электроннооптических преобразователей

Значительно лучшие результаты при исследовании в инфракрасных лучах дает применение электронно-оптических преобразователей, служащих для преобразования инфракрасного изображения в видимое.

Общий принцип действия приборов подобного типа следующий:

При помощи объектива «Об» (рис. XVI—9) инфракрасное изображение исследуемого объекта «П» проектируется на полупрозрачный фотокатод «ФК», где в результате фотоэффекта, вызванного падающими лучами,

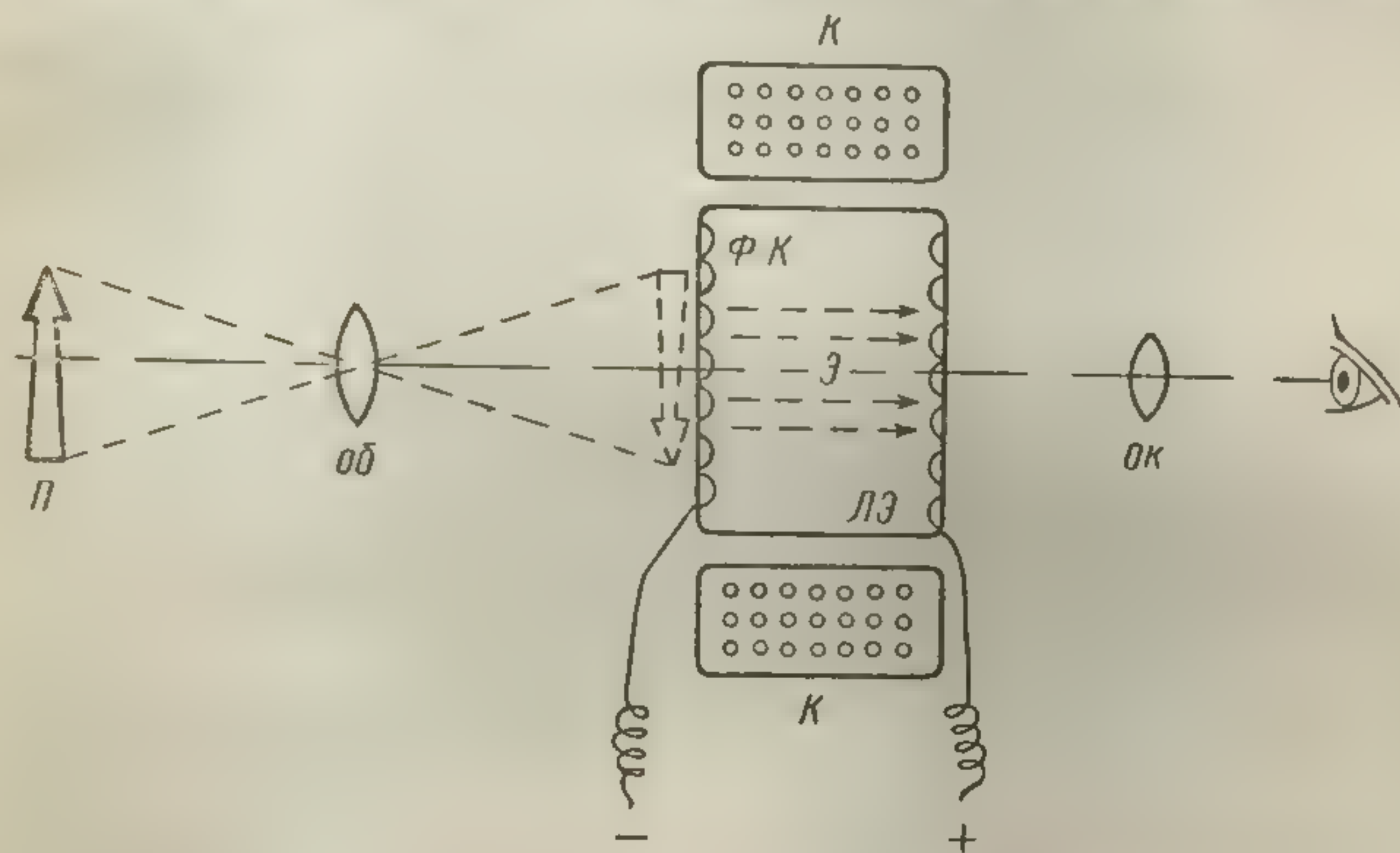


Рис. XVI—9. Схема электронно-оптического преобразователя

происходит вырывание фотоэлектронов из поверхности катода. Число электронов, освобожденных в каждой отдельной точке экрана, будет пропорционально количеству попавшего в эту точку излучения. Благодаря наличию между катодом «ФК» и анодом «ЛЭ» ускоряющего напряжения, вырванные фотоэлектроны летят в направлении светового луча. Магнитная линза «К» служит для фокусировки электронных пучков; вышедшие из отдельных точек катода фотоэлектроны направляются на соответствующие места анода, покрытого веществом, светящимся под действием попавших в него электронов. В результате на аноде «ЛЭ» образуется видимое изображение объекта, освещенного инфракрасными лучами.

Чувствительность к инфракрасным лучам подобного преобразователя определяется спектральной чувствительностью использованного в нем катода. Применяя различные катоды, можно получить преобразователи, чувствительные к различным участкам инфракрасной области спектра.

Наиболее часто применяемые в подобных устройствах кислородно-цезиевые фотокатоды обладают максимумом чувствительности при 0,85 мк (рис. XVI—6). Возможно применение нескольких преобразователей с катодами, обладающими чувствительностью к различным участкам инфракрасной части спектра.

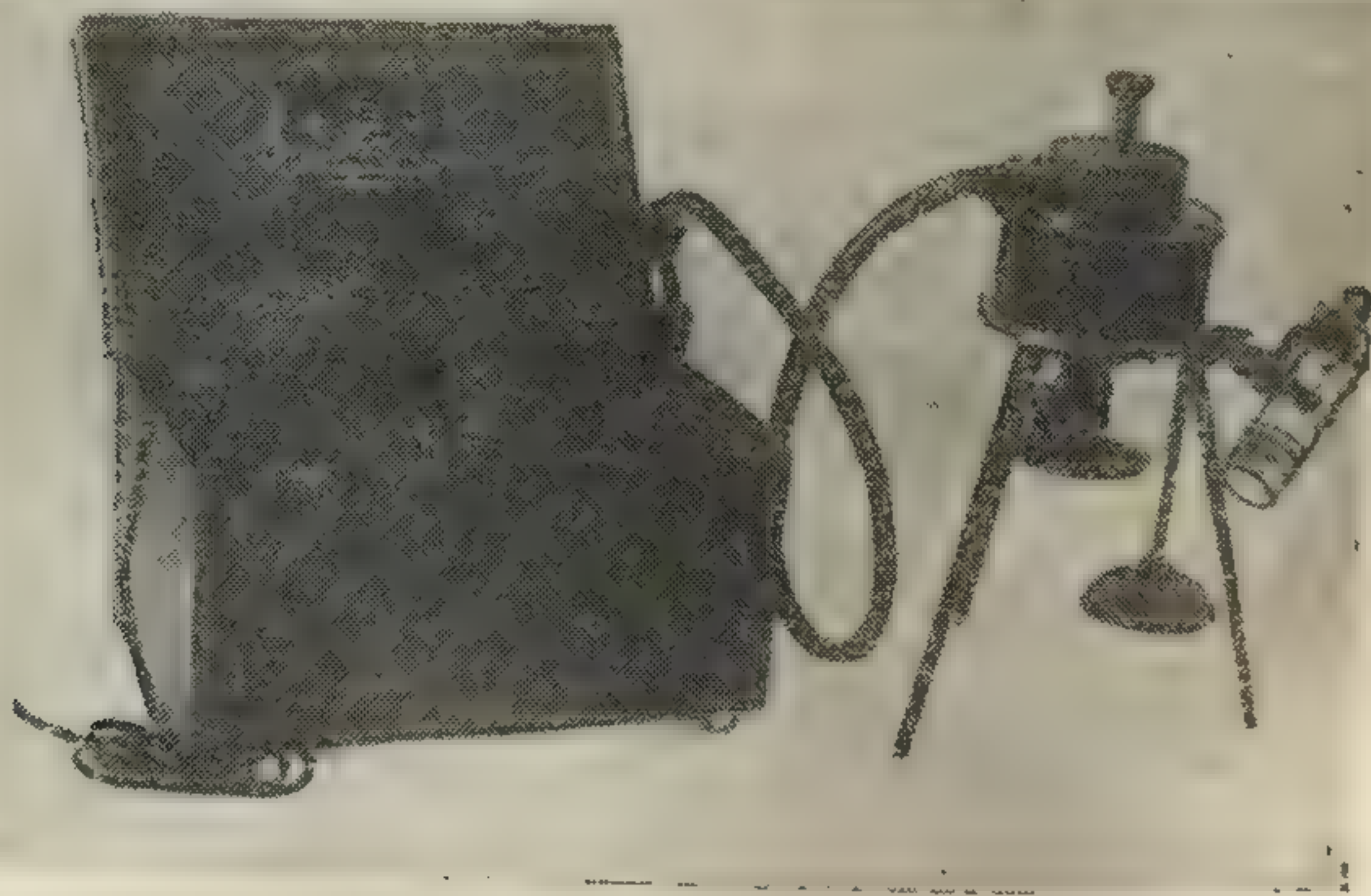


Рис. XVI—10. Общий вид преобразователя инф-та криминалистики

Всесоюзным научно-исследовательским институтом криминалистики разработана конструкция электронно-оптического преобразователя, приспособленного для целей криминалистического исследования вещественных доказательств. Общий вид этого преобразователя представлен на рис. XVI—10.

Прибор расположен на треножнике, благодаря чему возможно проводить исследование объектов любых размеров. Изображение получается либо в натуральную величину, либо с небольшим увеличением.

В качестве источника света может быть использован любой осветитель, например, ОИ-9, дающий достаточно яркий, направленный свет.

Получить изображение объектов. Изменить резкость. Окуляр, модели для в инфракрасном излучении, имевших исследования вывинчиваемой переходной проводимости в инфракрасном свете.

В последующем инфракрасном свете используются лампы, в которых несутся излучения фиолетовым экран, покрываемый сернистой медью) при помощи фильтра, преобразование б

Как элемент преобразователя проникнуть до 1,2—2 м

§ 5. Фотографирование объектов в инфракрасном свете

Фотографирование объектов в инфракрасном свете. Для этого используются специальные материалы, позволяющие получать изображения объектов в инфракрасном свете. Помимо этого, для улучшения качества изображения используются различные фильтры и оптические элементы.

Поле зрения прибора размером 5×5 см позволяет проводить исследование большинства криминалистических объектов. Изменяя фокусировку объектива, можно получать резкие изображения объектов различной толщины.

Окуляр, служащий для визуального рассматривания объектов, может быть удален и изображение на экране преобразователя сфотографировано при помощи любого фотоаппарата; например, камеры «Стандарт» с объективом «ФЭД» (1:3, 5) или фотоаппарата «Зенит».

Испытания показали полную пригодность описанной модели для производства разнообразных исследований в инфракрасных лучах. Кроме непосредственного наблюдения, им можно воспользоваться и для микроскопических исследований в инфракрасных лучах. Для этой цели вывинчивается объектив и преобразователь с помощью переходной муфты соединяется с микроскопом, позволяя проводить исследование как в проходящем, так и в отраженном свете.

В последнее время для визуальных наблюдений в инфракрасных лучах наряду с электроннооптическими пользуются также и люминесцентными преобразователями, в которых используется явление гашения люминесценции экранов, предварительно освещенных ультрафиолетовыми лучами или видимым светом. Для этого на экран, покрытый фосфоресцирующим веществом (например, сернистым цинком и кадмием, активированными медью) проектируется изображение исследуемого объекта при помощи объектива, на который надет светофильтр, пропускающий только инфракрасные лучи. Изображение будет видно темным на светлом фоне.

Как электронно-оптические, так и люминесцентные преобразователи пока еще не дают нам возможности проникнуть в инфракрасную область спектра далее, чем до 1,2—2 мк.

§ 5. Фотографирование в инфракрасных лучах

Фотографировать в инфракрасных лучах начали в двадцатых годах настоящего столетия, когда были синтезированы красители, сообщающие фотографическим материалам достаточную чувствительность в инфракрасной части спектра.

Помимо этого, был предложен и ряд иных методов фотографирования в инфракрасных лучах. Таковы:

способ с использованием деуалирующего действия инфракрасных лучей, фосфорографический метод, использующий явление тушения фосфоресценции инфракрасными лучами, и способ с испарением тонких нафталиновых и других пленок под действием инфракрасных лучей. Ни один из этих методов не получил, однако, сколько-нибудь широкого распространения вследствие значительной сложности, несмотря на то, что чувствительность некоторых из них простирается значительно дальше в инфракрасной области спектра (до 2 мк и более) сравнительно с методом фотографирования на сенсibilизированных фотоматериалах.

К несомненным достоинствам фотографического метода, основанного на применении сенсibilизированных фотоматериалов, следует отнести его простоту, так как здесь не требуется специального оборудования, а также большую чувствительность, превосходящую чувствительность иных приемников инфракрасного излучения, и высокое качество получаемых снимков.

Для производства фотоснимков в инфракрасных лучах может быть использован любой из имеющихся типов фотоаппаратов.

а) **Фотоматериалы.** Для фотографирования в инфракрасных лучах могут быть использованы как готовые инфрахроматические пластинки, выпускаемые промышленностью, так и пластинки, очувствленные в лаборатории путем купания в растворах красителей.

Наиболее удобным является применение готовых фотопластинок. Отечественной промышленностью выпускаются следующие пластинки инфрахром (см. рис. XVI—11).

Наименование пластинок	Максимум спектральной чувствительности ММК	Общая светочувствительность единиц ГОСТ	Максимальный коэффициент контрастности γ	Рисунок
Инфрахром 760 .	750—760	1,4	2	16—11а
Инфрахром 840 .	830—840	0,18	1,6	16—11б
Инфрахром 880 .	870—880	0,02	1,6	16—11в

Число в наименовании указывает максимум спектральной чувствительности в миллимикронах.

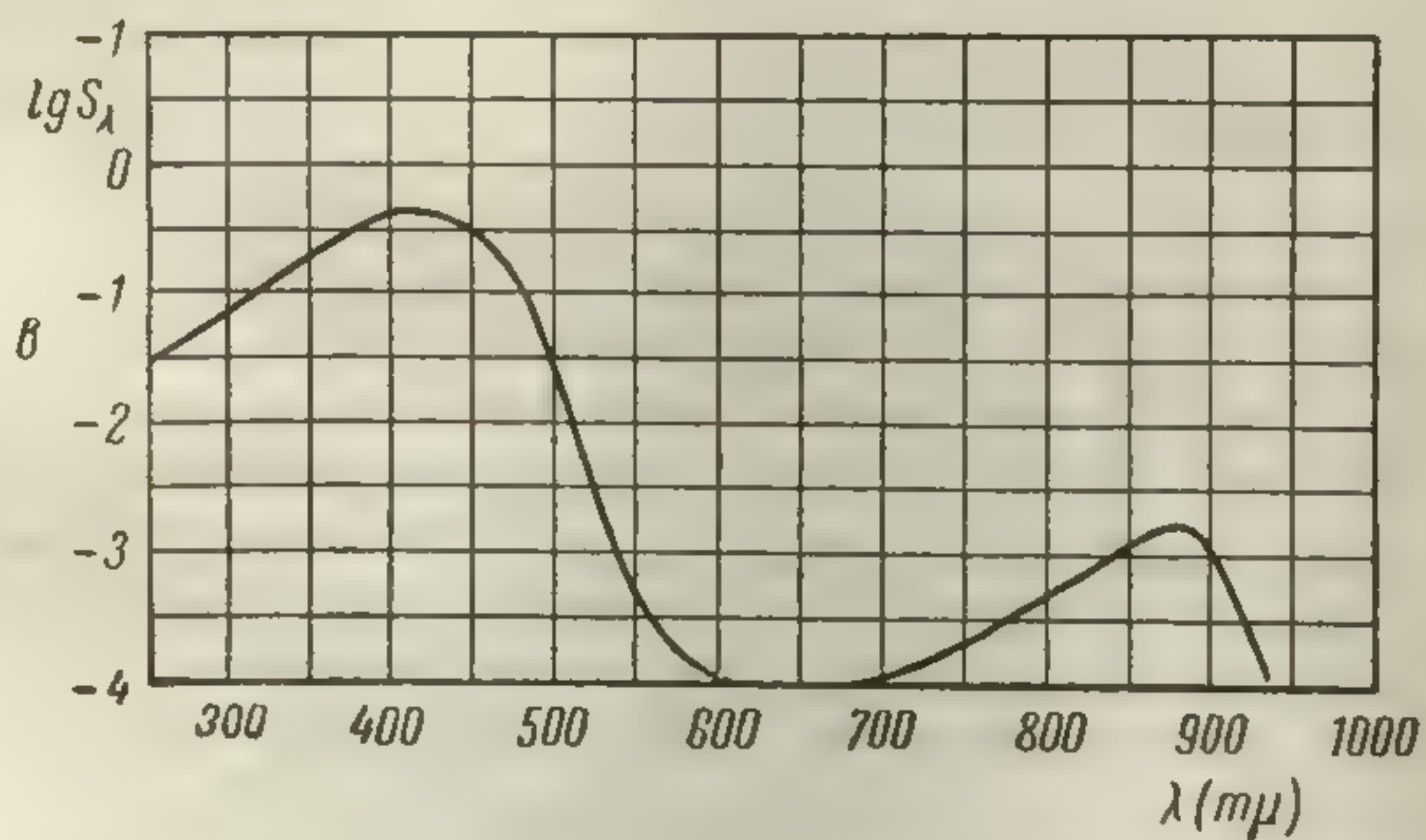
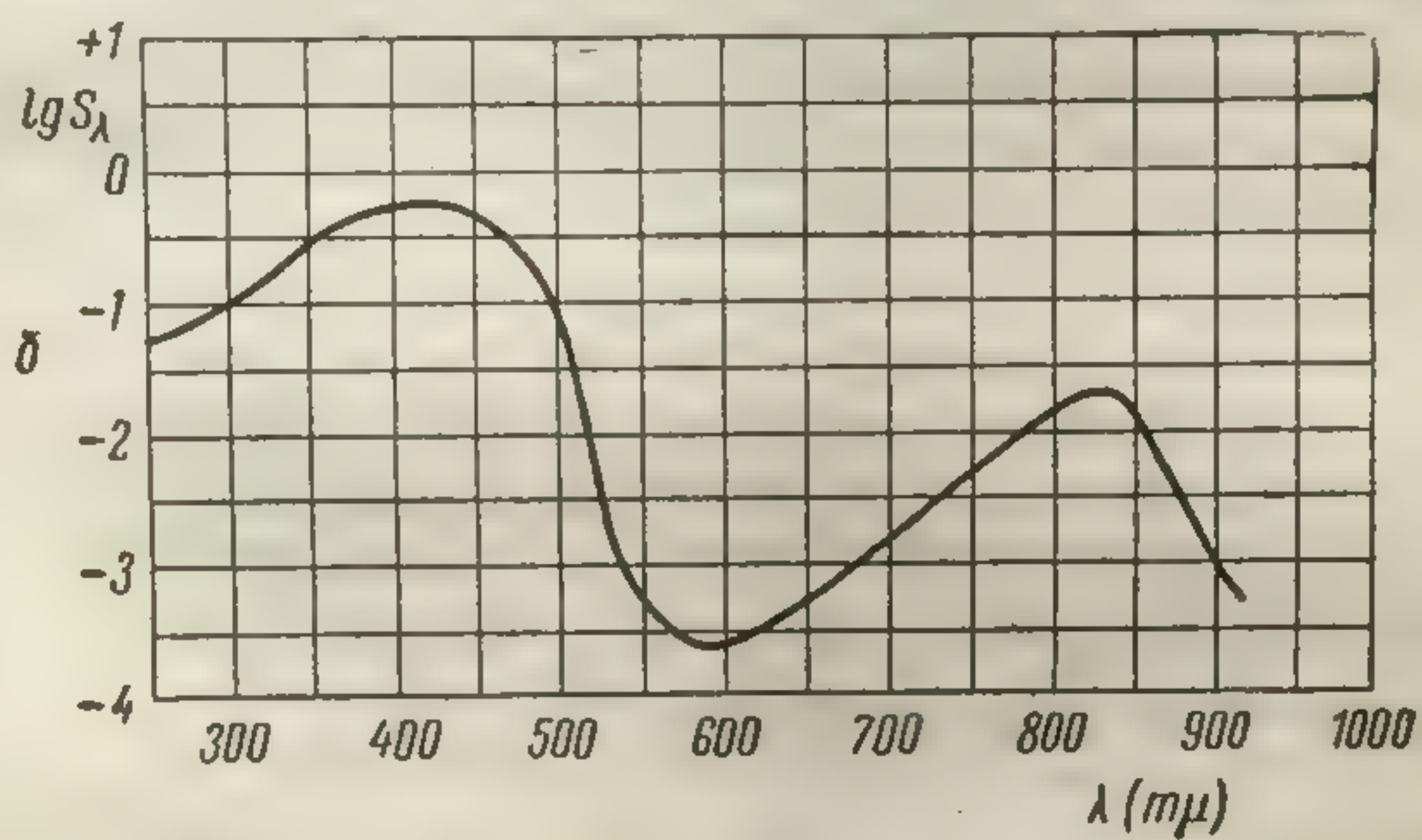
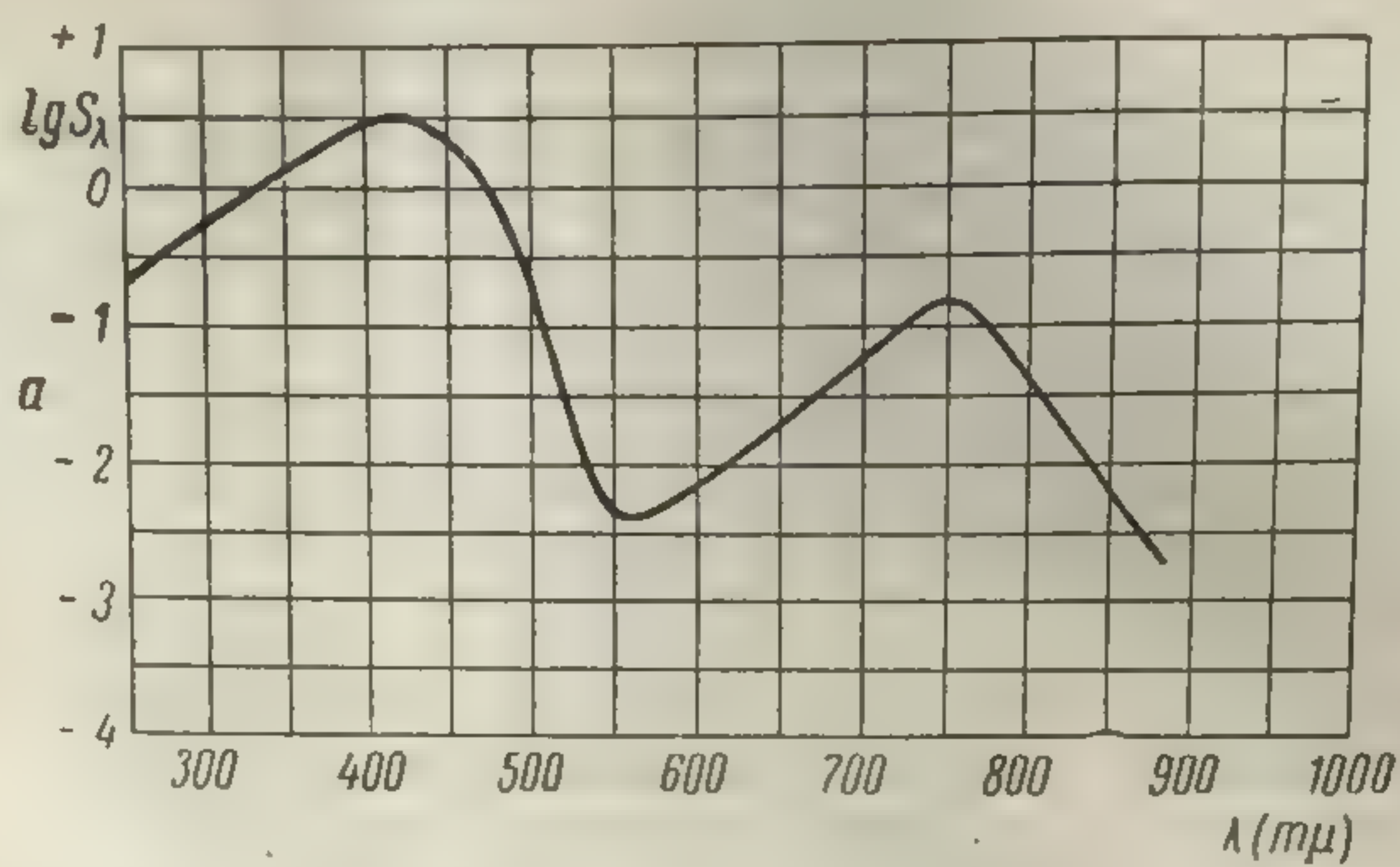


Рис. XVI—11. Спектральная чувствительность
пластинок „Инфрахром“:
а — „Инфрахром 760“, б — „Инфрахром 840“, в —
„Инфрахром 880“

Кроме того, выпускаются пластинки «Инфрахром 720».

Как правило, общая чувствительность у пластинок, очувствленных к более длинноволновым инфракрасным лучам, меньше, чем у пластинок, сенсibilизированных к коротковолновым лучам.

Если чувствительность инфракрасных пластинок недостаточна и при производстве снимков требуются значительные экспозиции, она может быть повышена путем гиперсенсibilизации или применения энергично работающих проявителей с антивуалирующими веществами.

Гиперсенсibilизация производится следующим образом. Пластинка купается в течение 4 минут в растворе:

воды дистиллированной	100 мл,
серебра азотнокислого 1% раствора	1,5 мл,
аммиака 25%	0,75 мл

Температура раствора не должна превышать 20°. После ванны следует краткая (15 сек.) промывка в водноспиртовой смеси (1:1) и быстрая сушка.

Успех гиперсенсibilизации в значительной степени зависит от быстроты сушки пластинок. При отсутствии специальных шкафов хорошие результаты дает обыкновенный настольный вентилятор, установленный вблизи стойки с пластинками. Нельзя применять для сушки воздух, нагретый свыше 25—30°, так как это приводит к значительному увеличению вуали на пластинках.

Гиперсенсibilизация повышает чувствительность пластинок к инфракрасным лучам в 3—5 раз, больше для пластинок, сенсibilизированных к длинноволновым инфракрасным лучам. Сохраняются гиперсенсibilизированные пластинки плохо — всего 1—2 дня.

б) Источники излучения и фильтры. В качестве источников излучения при фотографировании в инфракрасных лучах обычно применяют электрические лампы накаливания. Для фотографирования в большинстве случаев используют фильтры типа КС-18 или КС-19, ИКС-1, 2, 3. То, что фильтры типа КС-18 и КС-19 пропускают, кроме инфракрасных, также и крайние красные лучи, не является в данном случае существенным недостатком. Как видно из кривых спектральной чувствительности пластинок «Инфрахром», они обладают

сравнительно небольшой чувствительностью в красной части спектра. Поэтому мы получаем на негативе изображение, в образовании которого основная роль принадлежит инфракрасным лучам. Вместе с тем применение красных фильтров дает возможность сократить экспозиции при фотографировании по сравнению с фильтрами типа ИКС.

в) Наводка на резкость. При применении так называемой катадиоптрической оптики (зеркально-линзовой) не требуется никаких поправок на фокусную разницу при фотографировании в инфракрасных лучах, так как подобные объективы не страдают хроматической аберрацией. Точно так же не требуется никаких поправок при применении специальных объективов, скорректированных для инфракрасной части спектра.

Однако большинство обычных фотообъективов не скорректированы для инфракрасной части спектра. Поэтому после наводки на фокус в видимых лучах необходимо вводить фокусную поправку (отодвигая матовое стекло от объектива) и диафрагмировать объектив для достижения необходимой резкости.

Для сложных оптических систем, каковыми является большинство применяемых фотообъективов, фокусная поправка определяется экспериментальным путем.

Фокусную поправку для данного растяжения камеры находят путем производства ряда снимков с какого-либо объекта, причем при производстве каждого следующего снимка матовое стекло отодвигается на некоторое определенное расстояние от объектива. Из полученных снимков, производимых на одной пластинке, частично прикрываемой черной бумагой, выбирают тот, который обладает наибольшей резкостью. Определив фокусную поправку для нескольких случаев, можно вычертить график зависимости фокусной поправки от растяжения камеры.

Для примера можно указать, что для объектива «Ортогос», которым снабжен аппарат «Фотокор», фокусная поправка составляет 2 мм при фотографировании объектов в натуральную величину.

Фокусная поправка при фотографировании в инфракрасных лучах берется со знаком +, т. е. после наводки на резкость растяжение камеры следует увеличивать на величину поправки. Фокусную поправку можно не вводить, если объектив диафрагмируется до 1 : 12,5 и более.

г) Производство контактных снимков. При исследовании таких объектов, как, например, документы, иногда целесообразно получение изображений при помощи лучей, непосредственно прошедших через объект без участия фотоаппарата, например, в случае необходимости прочтения заклеенного текста.

Для этого исследуемый документ прикладывают к светочувствительному слою пластинки и зажимают в копировальную рамку, после чего экспонируют под каким-либо источником инфракрасного излучения. Для получения резких снимков лучше применять точечный источник света, направляя пучок лучей на объект при помощи конденсатора фотоувеличителя. Чтобы избежать вредного действия отраженных лучей, прошедших через пластинку, сзади нее помещается листок черной бумаги. Инфракрасный фильтр устанавливается между источником света и фотографируемым объектом таким образом, чтобы на объект и пластинку могли попасть только те лучи, которые прошли через фильтр.

д) Микрофотография. Для производства микрофотоснимков в инфракрасных лучах с небольшим ($10-30\times$) увеличением удобнее всего применять короткофокусные объективы и фотокамеры, обладающие достаточно большим растяжением меха. Источник света — точечная лампа с конденсором. Инфракрасный светофильтр устанавливается перед источником света или надевается на объектив, либо, наконец, располагается позади объектива. Местоположение светофильтра не оказывает влияния на характер полученного снимка, но при установке фильтра перед источником света к оптическим качествам фильтра (плоскопараллельность) предъявляются менее строгие требования. Поэтому такую установку фильтра рекомендуется применять в случае светофильтров, изготовленных не из шлифованного стекла; необходимо при этом фотографирование производить в затемненном помещении, чтобы избежать попадания на объект лучей, не прошедших через светофильтр.

При установке фильтра между объективом и пластинкой необходимо соответствующим образом увеличить растяжение камеры (приблизительно на $\frac{1}{3}$ толщины фильтра).

В случае необходимости больших увеличений пользуются обычно применяемой для целей микрофотографии аппаратурой (см. гл. XII).

Существенный вопрос, возникающий при этом, — наводка на резкость для получения достаточно четких микрофотоснимков, так как большинство применяемых микроскопических объективов не коррегировано для лучей инфракрасной части спектра.

Для этой цели можно воспользоваться одним из следующих приемов:

а) определить фокусную поправку экспериментальным путем. Для этого, выбрав объект с достаточно четкими контурами, производят ряд снимков — один при положении микрометрического винта тонкой наводки, соответствующем резкости при визуальном наблюдении, а остальные — при повороте этого винта на 5, 10 и т. д. делений.

Из полученных снимков выбирают наиболее резкий и таким образом определяют, на какой угол необходимо повернуть микрометрический винт после визуальной наводки на резкость. Определенная фокусная поправка будет справедлива только для данной комбинации объектива и окуляра и определенного растяжения камеры;

б) при микрофотографировании в ближних инфракрасных лучах (пластинки «Инфрахром 760») и увеличениях не выше $300-200\times$ можно ограничиться наводкой на резкость при красном светофильтре типа КС-19. Для улучшения резкости изображения полезно уменьшить апертуру объектива при помощи надеваемой на объектив диафрагмы.

При производстве микрофотоснимков в ярко освещенном помещении, когда возможно попадание на объект постороннего света, светофильтр следует устанавливать внутри меха фотокамеры, непосредственно за окуляром.

в) Обработка фотоматериалов. Все операции с пластинками, чувствительными к инфракрасным лучам, лучше всего проводить в полной темноте, проявляя пластинки по времени. В случае нежелательности этого можно применять светофильтры темно-зеленого цвета либо сухие, выпускаемые для этой цели промышленностью, либо жидкие.

Жидкий фильтр изготавливается из 9 частей насыщенного на холоду раствора сернокислой меди и 1 части 5%-ного раствора двуххромовокислого калия. При толщине слоя в 7 см и лампочке мощностью в 25 ватт этот фильтр

дает достаточно яркое освещение, вместе с тем неактивное по отношению к инфрахроматическим материалам.

Можно также, обработав предварительно пластинки десенсибилизаторами, проявлять их при обычном красном свете. Помимо готовых десенсибилизаторов, изготавливаемых фотопромышленностью, для этой цели может быть использован 1%-ный раствор пикриновой кислоты, в котором пластинка купается перед проявлением (в темноте) в течение 2—3 мин., после чего ее уже можно безопасно проявлять при красном свете.

Самый процесс проявления и фиксирования пластинок «Инфрахром» ничем не отличается от проявления и фиксирования обычных фотопластинок.

§ 6. Фотометрические и спектрофотометрические измерения

Фотоснимок в инфракрасных лучах, так же как и изображение на катоде преобразователя, давая качественную картину, вместе с тем не дает количественных соотношений. Кроме того, таким образом можно наблюдать только грубые, бросающиеся в глаза, различия в отражении инфракрасных лучей теми или иными объектами.

Сущность метода заключается в том, что при помощи фотоэлемента, термоэлемента или термистора измеряется степень отражения или пропускания инфракрасных лучей различными местами объекта. В зависимости от характера использованных приемника инфракрасного излучения и фильтра измерения могут быть произведены в различных участках инфракрасной области спектра.

Пользуясь фотометрическими измерениями, можно достаточно быстро получить количественные данные относительно отражения инфракрасных лучей теми или иными местами исследуемого объекта. Так как чувствительность применяемых для подобных измерений фотоэлементов или термисторов простирается далее в инфракрасную часть спектра, чем у фотопластинок и фотокатодов электроннооптических преобразователей, этот метод позволяет проводить исследования в более длинноволновых инфракрасных лучах.

Для производства фотометрических измерений в инфракрасной части спектра в Киевском НИИСЭ были построены приборы, схемы которых приведены на рис. XVI—12.

Источником инфракрасных лучей в обоих случаях является вольфрамовая лампочка накаливания «Л», освещающая при помощи конденсора «К» исследуемый участок объекта «Р», расположенного на столике прибора. Освещаемый участок при этом можно сделать достаточно малых размеров в виде кружка, близкого

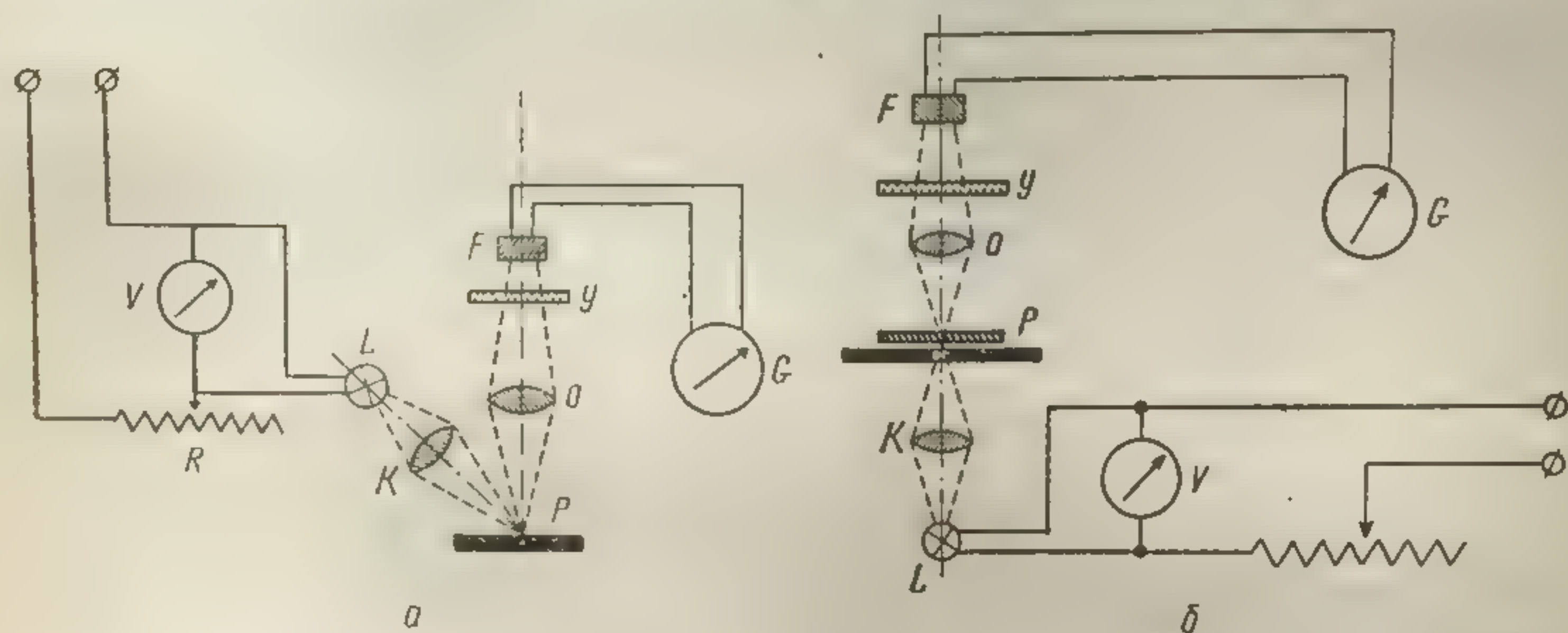


Рис. XVI—12. Схемы приборов для производства фотометрич. измерений:

a — в отраженных, *б* — в проходящих инфракрасных лучах

к точке, или же тонкого штриха. Применяя, кроме конденсора, еще дополнительный микроскопический объектив для фокусировки светового пучка, можно получить световой штрих размером $0,3 \times 1,2$ мм. Такие малые размеры освещаемого участка необходимы в тех случаях, когда нужно измерить отражение инфракрасных лучей объектами очень малых размеров (например, карандашными и чернильными штрихами).

Объект «Р» освещается суммарным (т. е. инфракрасным и видимым) излучением лампы. Питание лампы производится от стабилизатора напряжения.

Отраженные лучи собираются объективом «О» и направляются на приемник инфракрасных лучей «F». На пути лучей устанавливается светофильтр «У», поглощающий видимые и пропускающий инфракрасные лучи. Применяя различные светофильтры, можно пользоваться разными участками инфракрасного спектра. Уста-

новка светофильтра перед приемником лучей вызвана тем, что освещение объекта суммарным-видимым и инфракрасным излучением облегчает правильную установку прибора

В качестве приемника инфракрасных лучей применялся либо термостолбик, либо сернисто-серебряные фотоэлементы, изготавливаемые Институтом физики АН УССР.

Получаемые термо- или фототоки измеряются при помощи гальванометра «G». В зависимости от степени отражения инфракрасных лучей тем или иным местом объекта наблюдается то или иное отклонение стрелки гальванометра.

Весь процесс исследования занимает несколько секунд и в отличие от фотографии в инфракрасных лучах дает количественные данные относительно отражения инфракрасных лучей.

Применяя в осветителе лампу накаливания, стеклянную оптику и фильтры типа ИКС-2, можно использовать инфракрасное излучение в области 0,8—3 мк (предел прозрачности стекла). Для области длин волн больше 1,3 мк приемником инфракрасных лучей служит термостолбик. Заменяв стеклянную оптику силивиновой, а также применив соответствующие источники излучения и фильтры, можно расширить пределы используемой области инфракрасных лучей до 15—20 мк.

В криминалистической практике фотометрический метод нашел применение прежде всего для обнаружения следов копоты выстрела в окружности пулевого отверстия на темных тканях. Применяемый обычно в таких случаях метод — фотографирование в инфракрасных лучах — не всегда дает хорошие результаты. Так, из исследованных нами 150 образцов тканей, окрашенных в различные темные цвета (хлопчатобумажных, шерстяных и шелковых), в 5 случаях при фотографировании на пластинках «835» нельзя было обнаружить следов копоты (ткани, окрашенные, в основном, сернистыми красителями — оливковым, черным, зеленым из нитрозошеферовой соли, галловым синим и др.). В этих случаях фотометрические измерения дают гораздо лучшие результаты.

Исследуемый кусок ткани укладывается на столик прибора промеряемой стороной вниз, после чего произ-

водится ряд измерений интенсивности инфракрасных лучей, отраженных различными участками ткани, расположенными по прямой линии, проходящей через пулевое отверстие. Промеры производятся через каждые 5—10 мм; длина всей линии промеров — 15—20 см. Необходимое время 5—6 мин. Результаты измерения представляются в виде графика, причем по горизонтальной оси откладываются расстояния между промерявшимися участками, а по вертикальной — показания гальванометра. Полученная кривая показывает степень отражения инфракрасных лучей местами объекта, различно удаленными от пулевого отверстия.

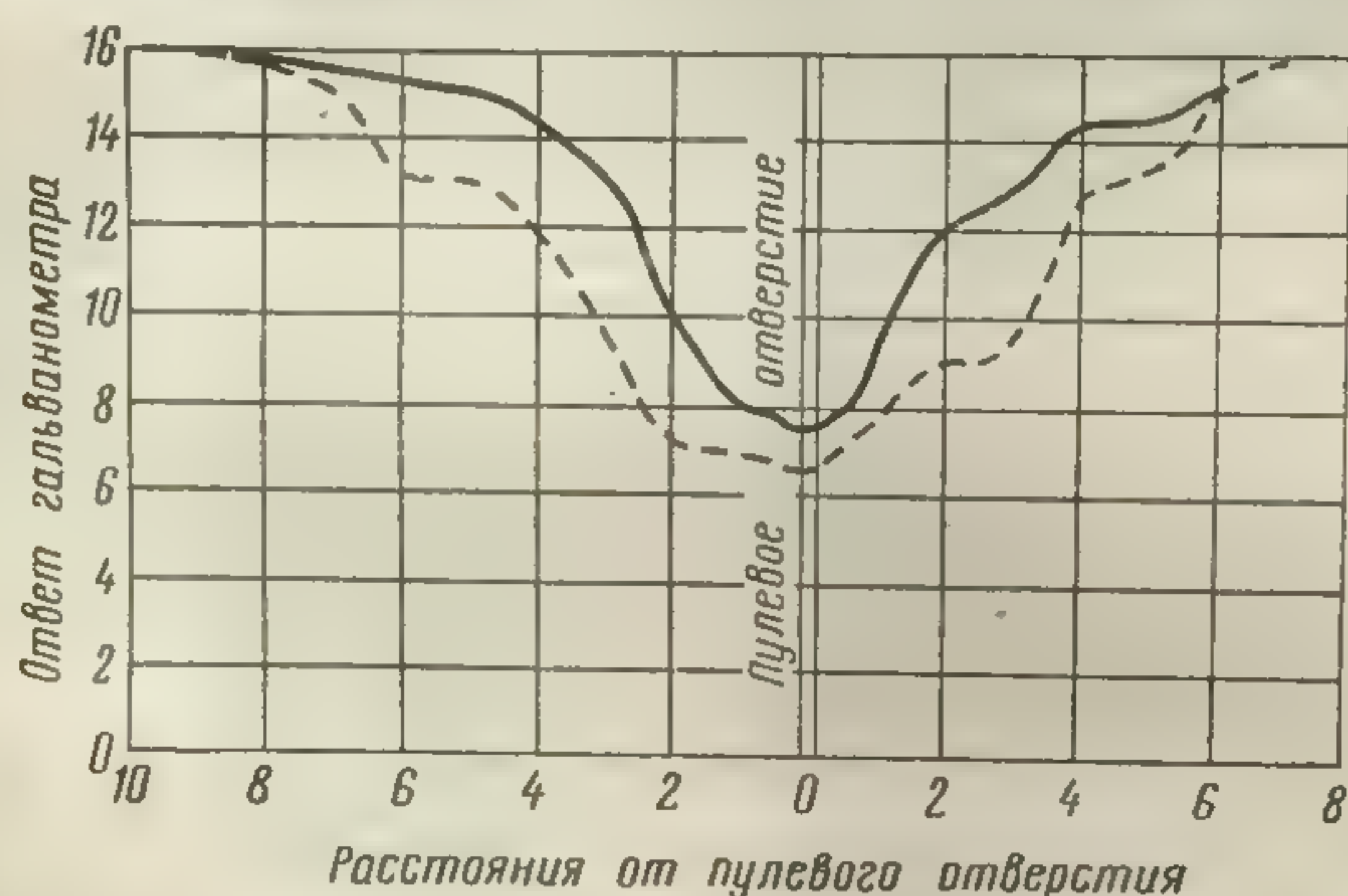


Рис. XVI—13. Графики промеров в отраженных инфракрасных лучах

Копоть выстрела, поглощающая инфракрасные лучи, резко снижает интенсивность отраженных инфракрасных лучей в тех местах, где имеется окапчивание, что сразу обнаруживается при промерах. Вид полученной кривой указывает на характер распределения копоти на ткани, давая возможность судить о расстоянии выстрела. Наличие на ткани крови мало влияет на результат исследования. На рис. XVI—13 приведены графики результатов промеров, произведенных на кусках черного сукна, в которые были произведены выстрелы с разных расстояний. Характерный вид кривой позволяет в ряде случаев уже только на основании одного исследования в отраженных инфракрасных лучах прийти к заключению, что поглощение инфракрасных лучей вызвано копотью, а не какими-то случайными загрязнениями.

Кроме приведенного примера с обнаружением копотн выстрела, фотометрические измерения оказываются полезными также в ряде случаев исследования документов, как, например:

1. Сравнительные исследования, предпринимаемые в тех случаях, когда необходимо установить сходство или различие разных образцов бумаги, карандашей, чернил, копировальной бумаги и других материалов, применяемых для письма. При этого рода исследованиях фотометрические измерения в инфракрасных лучах применяются параллельно с другими методами. Путем фотометрических измерений можно обнаружить в чернилах примерно 0,25% вещества, поглощающего инфракрасные лучи.

2. Фотометрические измерения могут применяться в качестве предварительной пробы в тех случаях, когда необходимо быстро ориентироваться в вопросе о том, как получится тот или иной объект на снимке в инфракрасных лучах.

В отличие от фотометрического метода, имеющего значение для поглощения и отражения лучей того или иного более или менее обширного участка инфракрасного спектра спектрофотометрические измерения, проводимые при помощи специальных приборов — спектрофотометров, позволяют определить кривые спектрального отражения или поглощения, указывающие зависимость коэффициентов яркости (или поглощения) от длины волны излучения.

В криминалистической практике наиболее ценной является непосредственно примыкающая к красной ближняя инфракрасная область спектра, так как для большинства органических красителей именно в этой части находятся длинноволновые границы поглощения.

Для производства подобных измерений в дальней красной и ближайшей инфракрасной частях спектра может быть использован монохроматор УМ в сочетании с фотоэлементом, чувствительным к инфракрасным лучам.

§ 7. Абсорбционный молекулярный анализ

Абсорбционный молекулярный анализ в инфракрасной области спектра применяется для анализов химических соединений по их инфракрасным спектрам погло-

щения. В отличие от широко распространенного в криминалистических лабораториях атомного спектрального анализа, задачей которого является распознавание элементов, входящих в состав вещества, молекулярный анализ позволяет выявить структурные элементы молекул анализируемых веществ, их изомерную форму, наличие в них кратных связей и их относительное расположение, а в некоторых случаях и присутствие в молекуле определенных групп атомов.

При этом методе с помощью инфракрасных спектрометров или спектрофотометров исследуется поглощение данного объекта в широком интервале инфракрасных лучей — до 20 мк. Результаты исследования представляются в виде кривых, на оси абсцисс которых откладываются длины волн, а на оси ординат — проценты пропускания.

Изучение этих спектров позволяет:

- а) идентифицировать данное вещество с веществом, уже изученным ранее;
- б) определить структуру данного вещества;
- в) установить наличие примесей и приблизительно определить их количество.

Эти методы изложены в соответствующих руководствах.

§ 8. Применение инфракрасных лучей при криминалистических исследованиях

а) Поглощение и отражение инфракрасных лучей различными объектами. Для того чтобы можно было сделать вывод о целесообразности применения инфракрасных лучей в различных случаях исследования вещественных доказательств, необходимо иметь данные о том, как поглощаются или отражаются инфракрасные лучи теми или иными веществами, с которыми чаще всего приходится иметь дело при криминалистических исследованиях.

Прежде всего поглощение и отражение инфракрасных лучей различными объектами не находится в закономерной связи с поглощением и отражением ими лучей видимой части спектра.

Прозрачными для лучей ближайшей (0,75—1,5 мк) инфракрасной части спектра являются большинство

красителей и пигментов растительного и животного происхождения. В то же время сажа в очень сильной степени поглощает инфракрасные лучи. Также непрозрачными для инфракрасных лучей являются растворы медных солей (сернокислая, хлористая, азотнокислая медь).

Кроме черной бумаги, служащей для упаковки фотоматериалов и некоторых сортов цветных бумаг, содержащих красители, непрозрачные для инфракрасных лучей (милори, сажа и т. п.), все остальные сорта бумаги оказываются более или менее прозрачными для инфракрасных лучей, причем эта прозрачность возрастает по мере увеличения длины волны излучения. При измерении прозрачности в инфракрасных лучах (λ -0,8—1,3 мк) отдельных образцов белой бумаги между ними были выявлены различия, обусловленные в основном наличием и характером содержащихся в бумаге минеральных наполнителей.

При измерении отражения инфракрасных лучей разными образцами белой писчей бумаги сколько-нибудь существенных различий обнаружено не было. Незначительные расхождения в степени отражения инфракрасных лучей показывает цветная бумага, для окраски которой применены органические красители.

Непрозрачны для инфракрасных лучей различные сорта железо-галловых чернил, содержащих соли железа, специальные чернила, применяемые для записей, имеющих государственное или историческое значение, в состав которых входят соли железа или меди.

Наиболее распространенные в настоящее время чернила, представляющие собой водные растворы органических синтетических красителей (метиленовый голубой, основной фиолетовый и другие), все, в большей или меньшей степени, независимо от их цвета, являются прозрачными для инфракрасных лучей. При переходе к более длинноволновым излучениям (в пределах до 800—900 мк) прозрачность чернил все более и более возрастает и разница в поглощении инфракрасных лучей различными красителями сглаживается.

Различия в поглощении инфракрасных лучей чернилами одного вида могут быть обусловлены либо различием в концентрации красителя, либо наличием в чернилах примесей веществ, поглощающих инфракрасные лучи.

Между красителями одного и того же цвета, но различного химического состава, нередко наблюдается существенное различие в ходе кривой поглощения в дальней красной и пограничной инфракрасной частях спектра. В качестве примера на рис. XVI—14 приведены кривые поглощения в длинноволновой части спектра для ряда красителей.

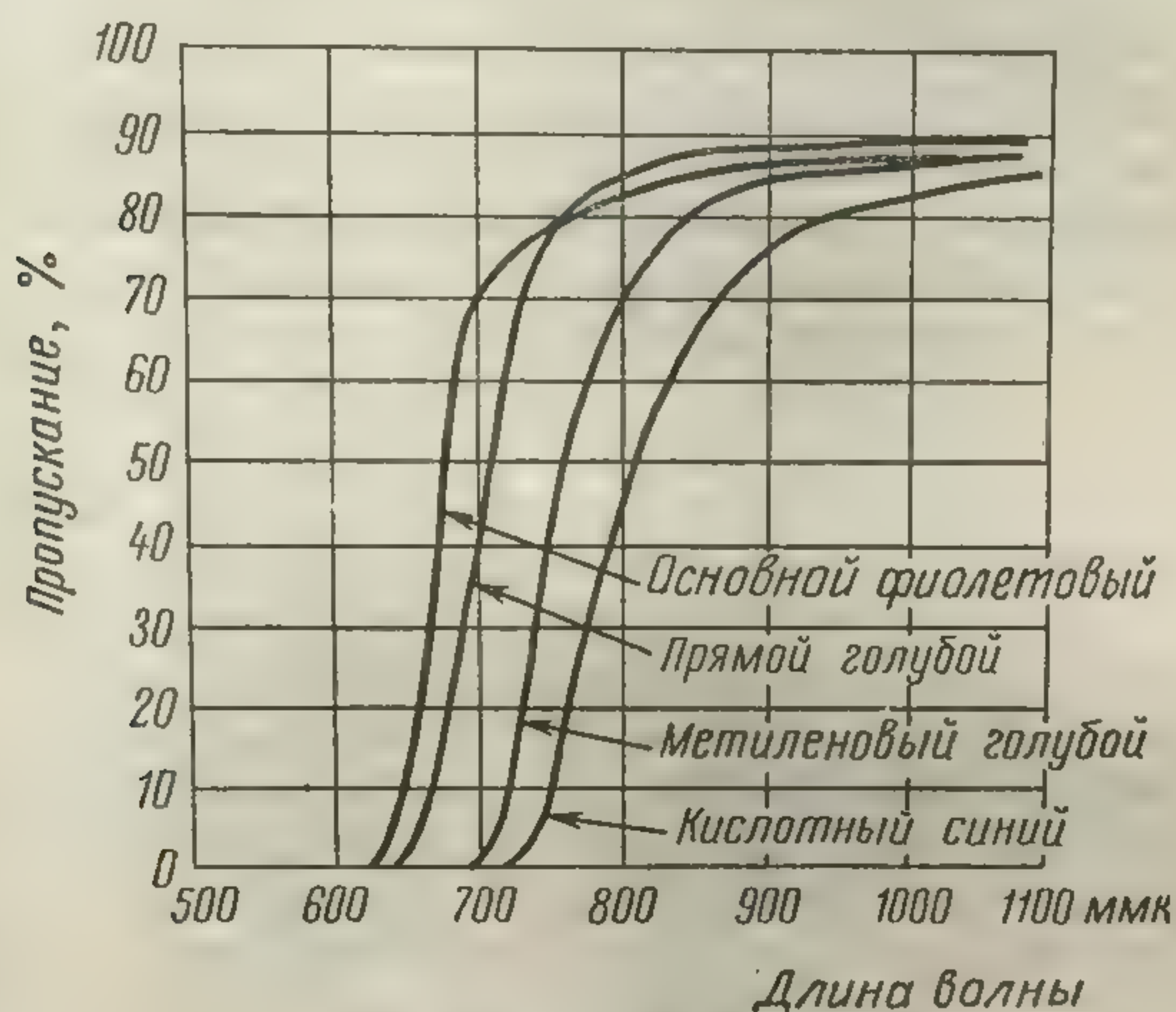


Рис. XVI—14. Кривые поглощения некоторых красителей

При исследовании дописок и поправок в документах это дает возможность путем выбора соответствующего участка спектра различать штрихи, проведенные чернилами, визуально представляющимися одинакового цвета, но различающимися по примененному красителю.

При подобного рода исследованиях важно знать, в какой мере поглощение инфракрасных лучей зависит от количества красителя в штрихе, чтобы не принять штрихи, проведенные с различным нажимом, за штрихи, проведенные различными красителями.

Влияние концентрации красителя начинает заметно сказываться на отражении инфракрасных лучей только

при концентрациях, бóльших 1—1,5%. В таких случаях краситель чернил начинает уже частично выкристаллизовываться на поверхности бумаги.

Очень сильно сказывается на поглощении инфракрасных лучей наличие в чернилах примесей веществ, поглощающих инфракрасные лучи.

Так, при помощи исследования в ближних инфракрасных лучах можно различить два сорта фиолетовых чернил, визуально одинаковых, из которых один представляет собою водный раствор красителя основного фиолетового, а другой получен путем растворения в воде стержня графитно-копировального карандаша, содержащего тот же самый краситель, но, кроме того, также и вещества, поглощающие инфракрасные лучи (графит).

В сильной степени поглощают инфракрасные лучи штрихи, проведенные графитными карандашами, а также штрихи графитно-копировальных карандашей.

Смачивание водой штрихов, проведенных графитно-копировальными карандашами, не оказывает заметного влияния на поглощение ими инфракрасных лучей, хотя визуально яркость штриха при этом и повышается.

В карандашах, пишущий стержень которых не содержит графита (копировальные и цветные), степень поглощения инфракрасных лучей зависит от того, какие вещества входят в состав пишущего стержня этих карандашей. В частности, сильно поглощают инфракрасные лучи штрихи, проведенные некоторыми сортами синих и зеленых (не копировальных) карандашей, в состав которых входит пигмент — берлинская лазурь.

Сильно поглощает инфракрасные лучи тушь, в состав которой входит сажа. В то же время некоторые сорта туши кустарного производства, содержащие вместо сажи органические красители, прозрачны для инфракрасных лучей в области 800—900 ммк. Прозрачными для инфракрасных лучей являются все сорта красной туши.

Черная типографская краска всегда в бóльших или мёньших количествах содержит сажу и потому непрозрачна во всех участках практически используемой области спектра.

Очень трудно привести определенные данные в отношении поглощения инфракрасных лучей цветными типографскими красками, так как оно зависит от состава той или иной краски. Можно только сказать, что в зна-

чительной степени поглощают инфракрасные лучи цветные пигменты, в состав которых входит берлинская лазурь (иначе милори, парижский синий, прусская синяя и т. д.), пигмент черный.

Степень поглощения инфракрасных лучей штрихами, выполненными через копировальную бумагу, зависит от состава красящей массы. Копировальные бумаги, в состав красящей массы которых входит сажа, графит или милори (дают штрихи черного или синего цвета), сильно поглощают инфракрасные лучи. Если же, как это часто имеет место в цветных (красные, фиолетовые, зеленые и др.) копировальных бумагах, в состав красящей массы входит тот или иной органический краситель, такие штрихи являются прозрачными для инфракрасных лучей.

Сказанное в полной мере относится и к лентам пишущих машинок. Можно добавить только, что ленты черного цвета, как правило, содержат красящие вещества, непрозрачные для инфракрасных лучей.

Штемпельная краска черного цвета, применяемая в почтово-телеграфных учреждениях и на железнодорожном транспорте, хорошо поглощает инфракрасные лучи. Применяемая в учреждениях фиолетовая штемпельная краска прозрачна уже для коротковолновых инфракрасных лучей ($\lambda = 760$ мкм).

Вопрос о прозрачности крови для инфракрасных лучей исследовался рядом авторов.

б) Исследование документов. При криминалистическом исследовании документов инфракрасные лучи используются в следующих случаях:

1. Прочтение залитых и замазанных текстов. Хорошие результаты получаются тогда, когда штрихи залитого (замазанного) текста в большей степени поглощают инфракрасные лучи, чем краситель, которым залит текст. Например, текст, написанный черным графитным или графитно-копировальным карандашом, залит синими или фиолетовыми чернилами, представляющими собой раствор органического красителя.

В зависимости от того, чем написан и чем залит или замазан текст документа, при фотографировании приходится пользоваться тем или иным участком инфракрасной области спектра. Необходимо только, чтобы чернила, которыми залит или замазан текст, были бы прозрачными для выбранного участка инфракрасного спек-

тра. В то же время карандаш или чернила, которыми написан текст, должны иметь максимум поглощения в области примененного участка спектра.

Например, текст написан синими чернилами, представляющими собой раствор красителя метиленового голубого, а залит — фиолетовыми, изготовленными из красителя основного фиолетового. Из сравнения кривых для указанных видов чернил, приведенных на рис.

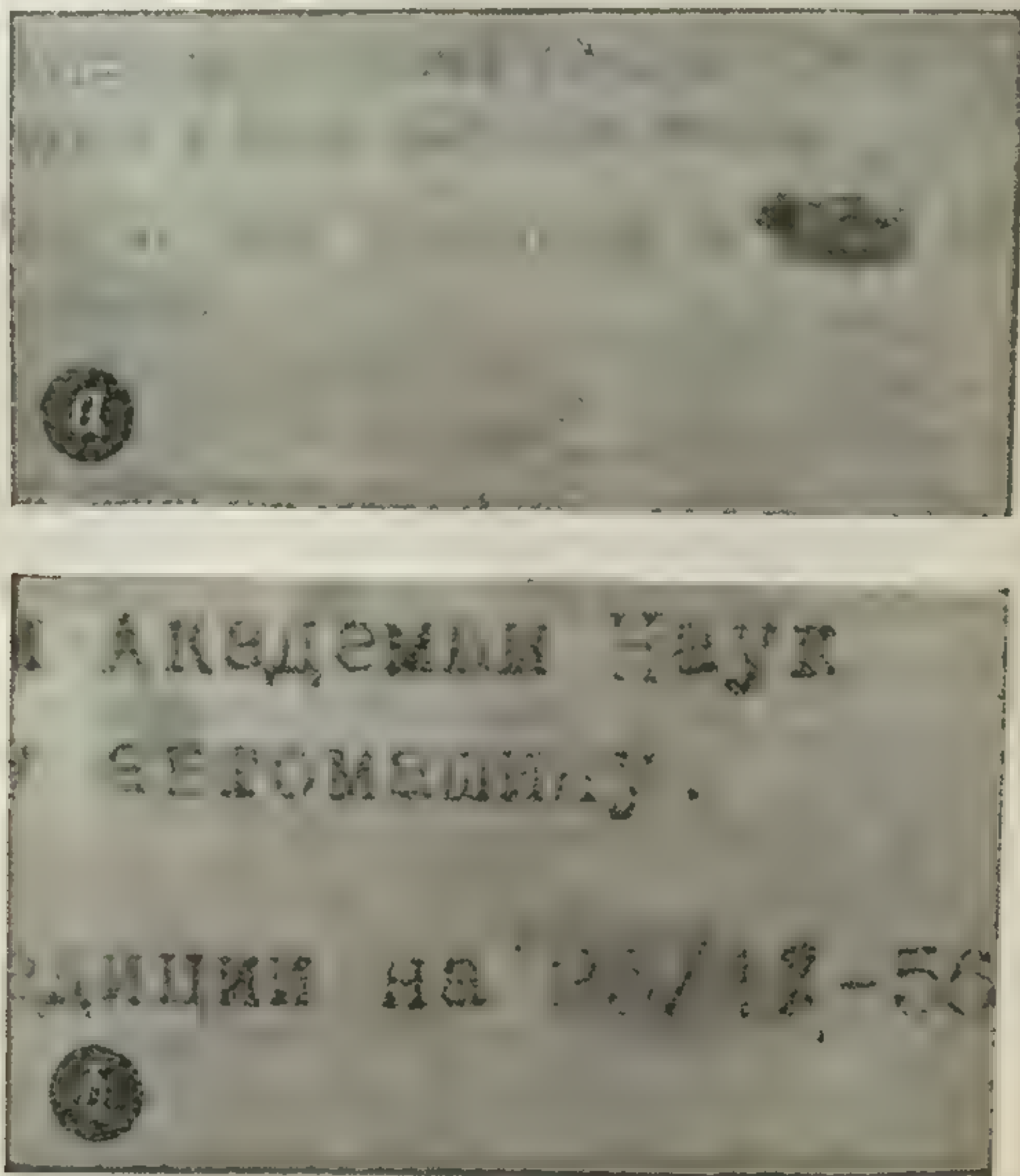


Рис. XVI—15. Фотоснимки замазанного текста в видимых и инфракрасных лучах:
а — в видимых, б — инфракрасных

XVI—14, видно, что оптимальным является в данном случае фотографирование в лучах крайней красной части спектра $\lambda = 650—700$ мкм. Если же снимок сделать в инфракрасных лучах $\lambda = 800$ мкм, то на нем ничего не будет видно, так как для этих лучей и фиолетовые и синие чернила являются совершенно прозрачными.

Пример успешного применения инфракрасных лучей для прочтения замазанной чернилами даты приведен на

рис. XVI—15. Снимок *а* произведен в видимых, снимок *б* в инфракрасных лучах.

При наличии текстов, залитых или замазанных кровью, следует применять фотографирование в инфракрасных лучах в области 700—800 мкм (пластинки «760» или «840»), предварительно сняв избыток засохшей крови при помощи увлажненной фильтровальной бумаги.

2. Дифференциация материалов письма. При сравнительном исследовании бумаги, чернил, карандашей и других материалов письма исследование в инфракрасных лучах является ценным вспомогательным методом, ни в коей мере, однако, не исключающим необходимости применения других методов.

При сравнительном исследовании материалов письма наиболее точные данные дает применение фотометрических измерений, производимых либо в отраженном, либо в проходящем свете, в различных участках инфракрасного спектра.

При существенном различии сравниваемых штрихов в отношении отражения и поглощения ими инфракрасных лучей оно может быть наблюдаемо либо непосредственно при ярком освещении объектов с соответствующим фильтром, либо при помощи электронно-оптических преобразователей. Для наглядной демонстрации результатов исследования удобнее всего производство фотографических снимков в инфракрасных лучах. На рис. XVI—16а приведен фотоснимок ряда цифровых записей с исправлениями в лучах видимой части спектра. Записи и исправления в них были произведены фиолетовыми чернилами и не обнаруживали сколько-нибудь существенных различий ни при визуальном исследовании, ни на фотоснимке, полученном обычным способом. Различие, однако, становится хорошо видимым на фотоснимке, произведенном на пластинках «Инфрахром 760» с фильтром КС-19 (см. рис. XVI—16б).

3. Прочтение затертых и трудно читаемых текстов. В этих случаях применение инфракрасных лучей оказывается эффективным, если прочтению текста мешает наличие других текстов, оттисков штампов и печатей или окраска бумаги. Условием успешности исследования является то, чтобы штрихи трудночитаемого текста хорошо поглощали бы инфракрасные лучи в то время, как мешающие надписи, штампы и т. п. были бы

нанесены красителями, прозрачными для инфракрасных лучей.

Примером может служить текст, написанный графитно-копировальным карандашом, а затем затертый смоченным водою пальцем. Содержавшийся в пишущем



Рис. XVI—16. Дифференциация чернил по снимку в инфракрасных лучах:

а — снимок в видимых, *б* — снимок в инфракрасных лучах

стержне карандаша краситель растворился в воде, и вся запись превратилась в фиолетовое пятно, благодаря чему оказалось невозможным прочитать первоначально написанный текст. В инфракрасных лучах этот текст легко читается вследствие того, что штрихи, содержащие графит, непрозрачны для инфракрасных лучей, в то вре-

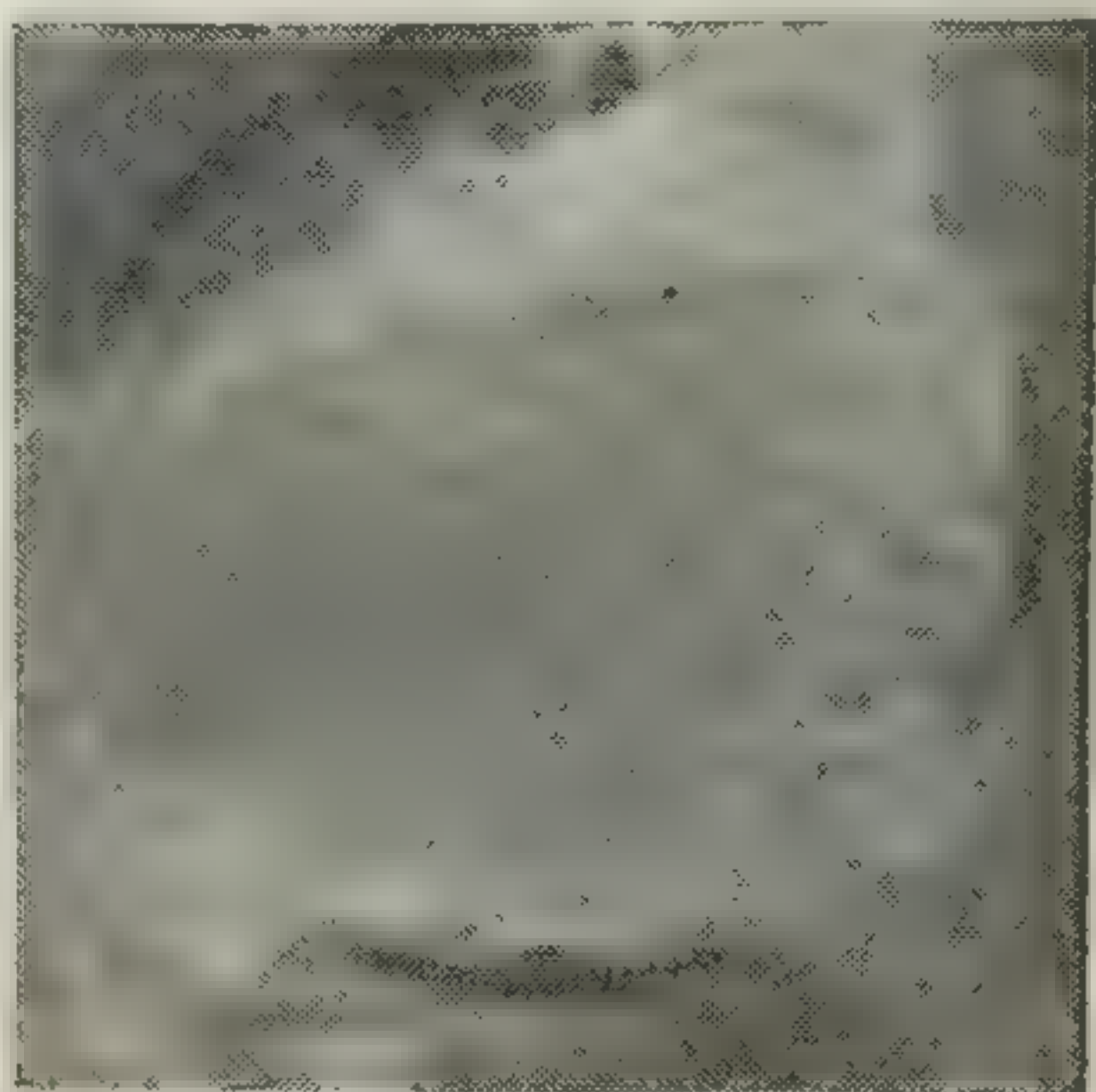
мя, как фиолетовый анилиновый краситель прозрачен уже для лучей крайней красной части спектра.

4. Прочтение заклеенных текстов. Так как большинство сортов писчей бумаги прозрачны для инфракрасных лучей, исследование в этих лучах может быть применено с успехом для прочтения текстов, заклеенных бумагой.

Само собой разумеется, что исследование в инфракрасных лучах дает положительные результаты только тогда, когда заклеенный текст написан графитным или графитно - копировальным карандашом, исполнен через черную копировальную бумагу или на пишущей машине с черной лентой, нанесен черной тушью, чернилами или типографской краской, не прозрачными для инфракрасных лучей.

При подобного рода исследованиях иногда вместо фотографирования удобнее применять контактную печать на инфрахроматических пластинках. На рис. XVI—17б представлен полученный контактным способом фотоснимок заклеенного почтового штемпеля на квитанции. Для сравнения на рис. XVI—17а приведен фотоснимок той же квитанции в видимых лучах.

5. Обнаружение поправок и дописок в документах. Применение инфракрасных лучей для решения поставленных задач сводится к дифференциации материалов письма, т. е. к установлению различия между теми чернилами или карандашами, которыми исполнен



а



б

Рис. XVI—17. Заклеенный почтовый штемпель на квитанции:
а — в видимых, б — в инфракрасных лучах

основной текст документа, и теми, которыми произведена дописка или переправка.

В случае, если имела место повторная наводка штрихов текста, то применение инфракрасных лучей оказывается полезным тогда, когда текст исполнен карандашом, через копировальную бумагу или чернилами, поглощающими инфракрасные лучи, и повторно обведен чернилами, прозрачными для этих лучей.

Для установления различия в чернилах, которыми исполнен основной текст и произведены дописки или переправки, нередко используется изучение микрострукту-

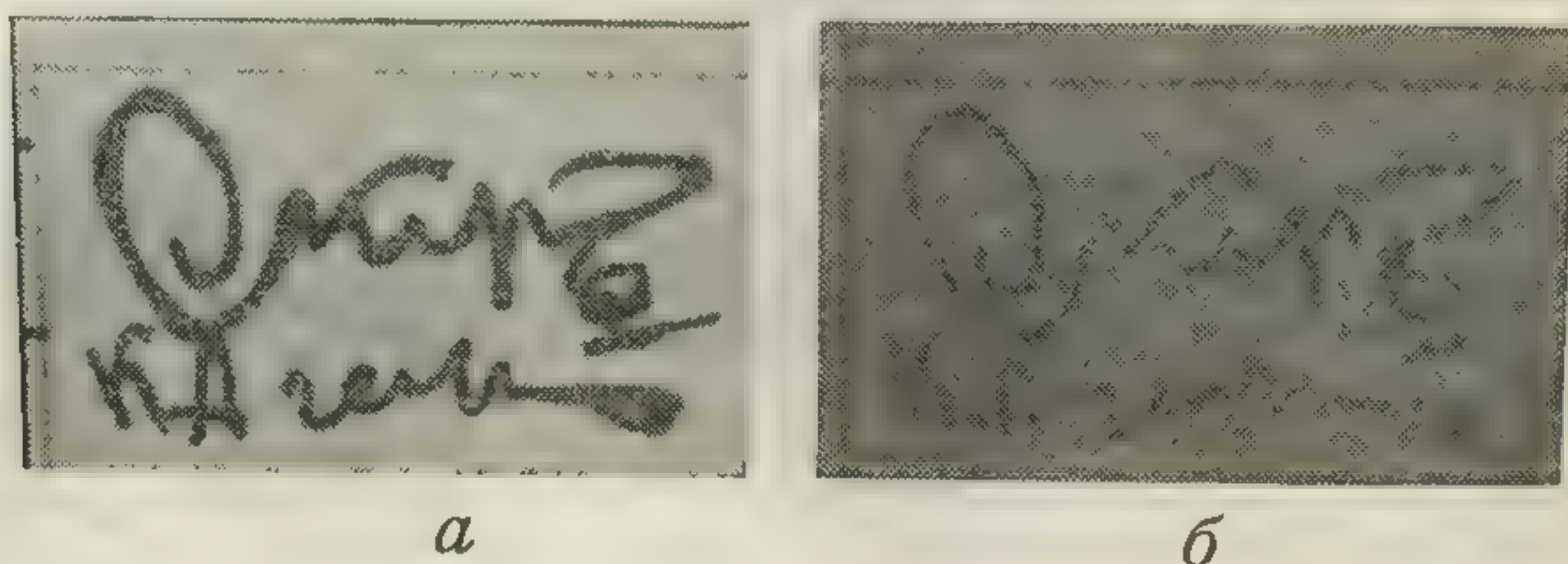


Рис. XVI—18. Подписи со следами предварительной подготовки:
а — в видимых, б — в инфракрасных лучах

ры штрихов при больших увеличениях (порядка $300\times$ — $400\times$). При этом для выяснения природы наблюдаемых в чернильных штрихах загрязнений может быть применена микрофотография в инфракрасных лучах, позволяющая установить, имеем ли мы дело с коагулировавшими частицами красителя или же с попавшими в чернила посторонними частицами, непрозрачными для инфракрасных лучей.

6. Выявление следов предварительной подготовки в подписях. В случаях подготовки к искусственному выполнению подписи — предварительное исполнение подписи карандашом или копировка ее через копировальную бумагу для последующей обводки скопированной подписи чернилами, исследование в инфракрасных лучах позволяет обнаружить следы карандаша или копировальной бумаги, применявшихся для первоначального исполнения подписи или для копировки.

Так как большинство видов чернил (речь идет о наиболее распространенных «анилиновых» чернилах) яв-

ляются прозрачными для инфракрасных лучей, особенно в области 800 мкм и выше, в инфракрасных лучах видны только штрихи предварительной подготовки (рис. XVI—18).

Очень важным для решения вопроса о подлинности или подложности подписи является выяснение, каким образом — при помощи карандаша или копировальной бумаги — производилась предварительная подготовка. Для этого полезным оказывается производство микроснимков штрихов в инфракрасных лучах при не-большом увеличении (порядка $10\times$), по которым можно изучить распределение красящего вещества по отношению к волокнам бумаги.

В том случае, если чернильные штрихи оказываются непрозрачными при фотографировании в инфракрасных лучах, для обнаружения штрихов предварительной подготовки подпись может быть исследована в более длинноволновом участке инфракрасной части спектра при помощи электронно-оптического преобразователя; картина, наблюдаемая на экране электронно-оптического преобразователя, фиксируется фотографическим путем.

Для того чтобы можно было на одном отпечатке отчетливо получить и штрихи предварительной подготовки, и штрихи позднейшей наводки, можно воспользоваться производством фотоснимка инфракрасной люминесценции (см. главу XVIII).

Из других возможностей применения инфракрасных лучей при криминалистическом исследовании документов следует указать на восстановление текста обуглившихся документов и на выявление признаков для суждения о хронологической последовательности нанесения пересекающихся штрихов (обнаружение частичек захваченного пером графита в позднее проведенном чернильном штрихе).

Наконец, инфракрасные лучи могут быть использованы для выявления неразборчивых или малоразборчивых подписей и оттисков штампа на дереве, текстильных тканях и других материалах. На рис. XVI—19 приведены фотоснимки в видимых и инфракрасных лучах кусочка ткани пальто с малоразборчивым оттиском фабричного штампа, обнаруженного около неопознанного трупа.

в) Обнаружение признаков близкого выстрела. Исследование в инфракрасных лучах в

настоящее время широко применяется для обнаружения следов копоти выстрела на темных тканях.

В инфракрасных лучах темные ткани представляются светлыми, тогда как копоть выстрела остается тем-



Рис. XVI—19. Фабричный штамп на материи
а — в видимых, б — в инфракрасных лучах

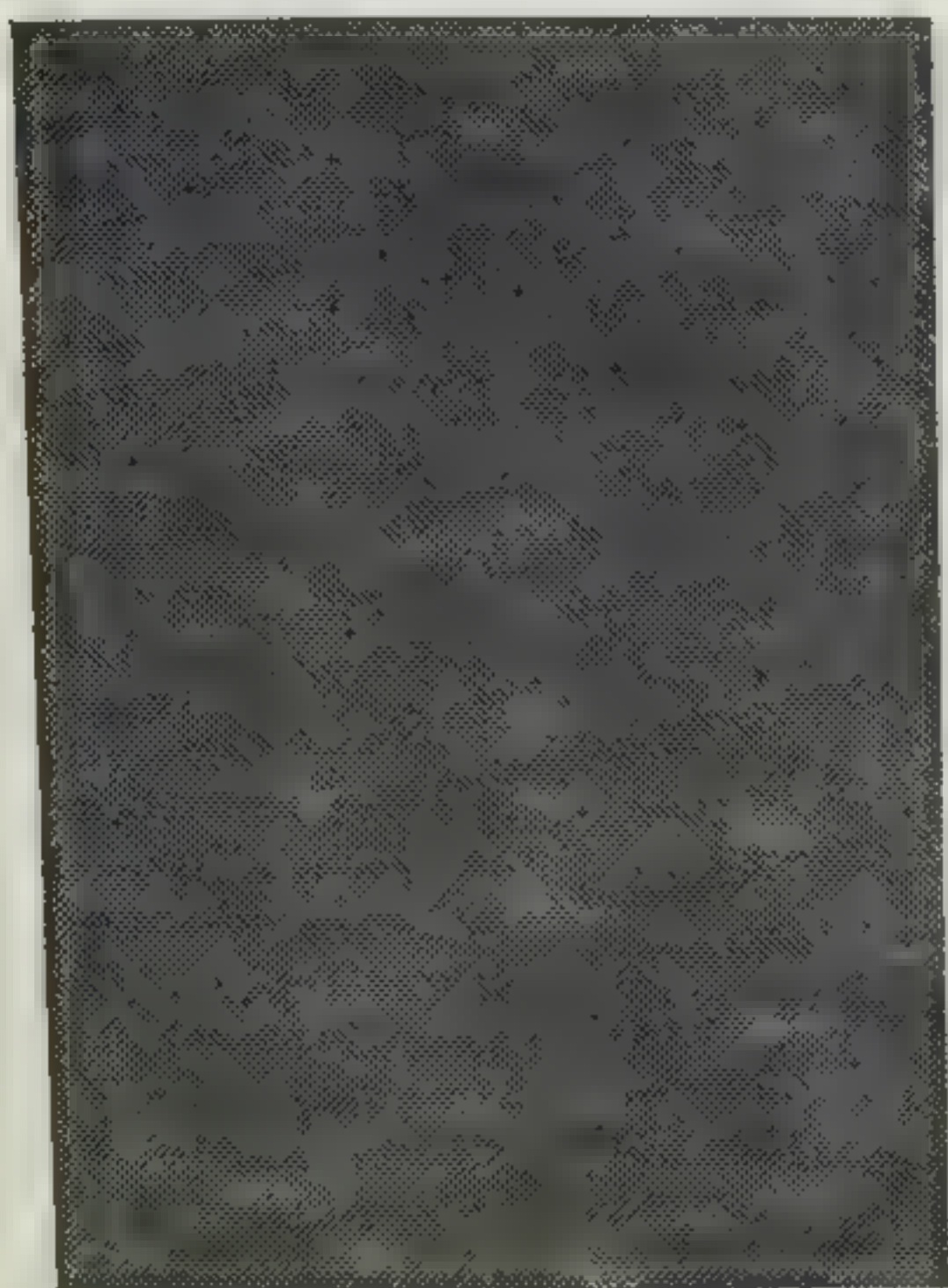
ной. На рис. XVI—20а представлен фотоснимок в видимых, а на рис. XVI—20б в инфракрасных лучах куска черного сукна, в который был произведен выстрел с расстояния 15 см.

Существенным преимуществом исследования в ин-

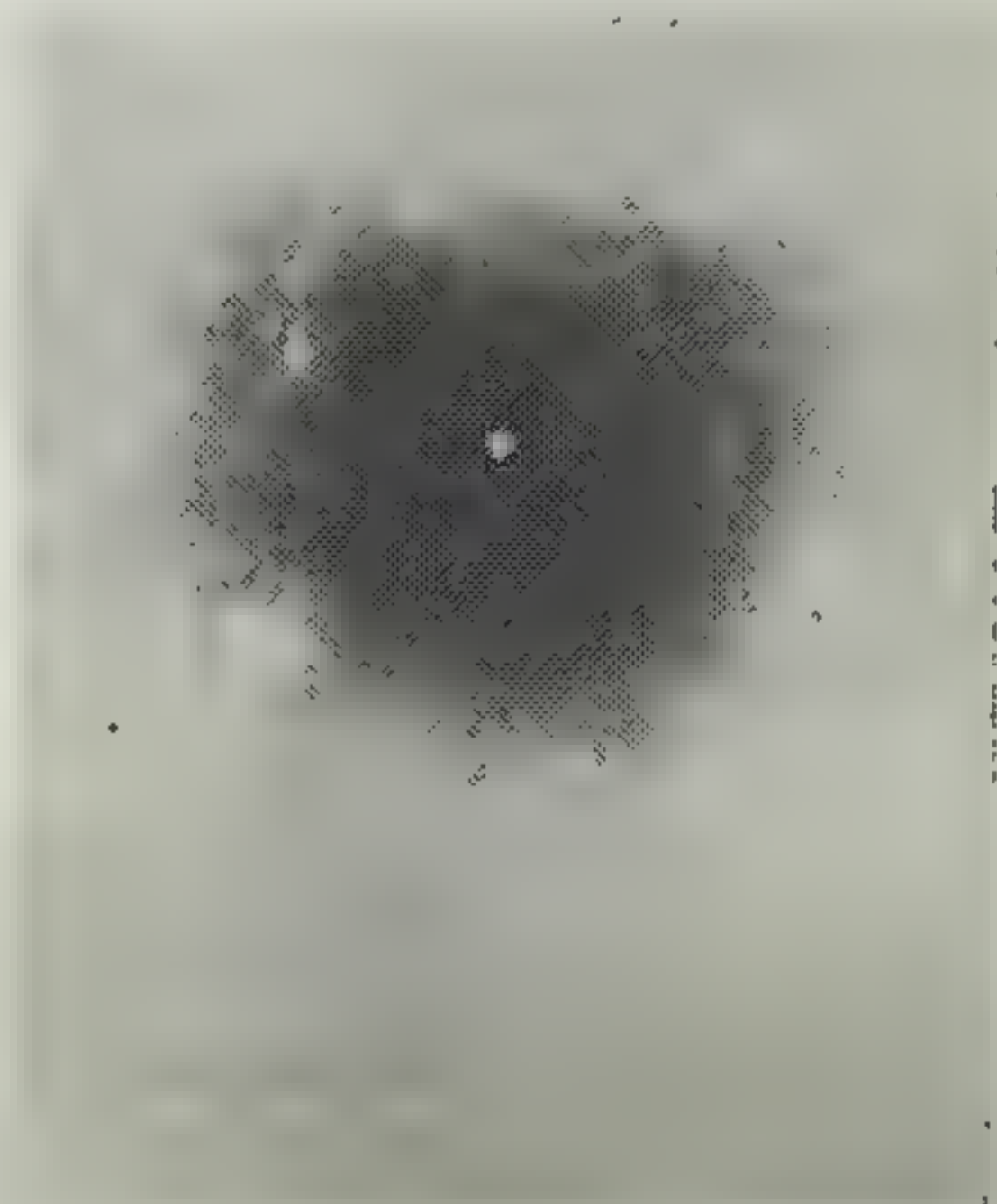
инфракрасных лучах перед другими методами является то, что объект исследования при этом остается неповрежденным.

Для обнаружения порохового окапчивания на темных тканях наиболее чувствительным методом являются фотометрические измерения (см. выше).

Исследованию в инфракрасных лучах с целью выявления копоти выстрела не мешает пропитывание ткани кровью.



а



б

Рис. XVI—20. Следы копоти на куске черного сукна:
а — в видимых, *б* — в инфракрасных лучах

г) Судебно-медицинские исследования. Фотографирование в инфракрасных лучах дает возможность выявлять невидимую глазом подкожную сеть кровеносных сосудов, подкожные кровоподтеки и дробинки, расположенные в подкожно-жировой клетчатке.

Прозрачность крови для инфракрасных лучей позволяет выявлять ряд деталей на вещественных доказательствах, залитых кровью.

В некоторых случаях применение инфракрасных лучей оказывается целесообразным для выявления следов крови на окрашенных тканях — особенно, синих, коричневых, красных и розовых. Степень выявляемости зависит от того, насколько краситель, которым окрашена ткань, прозрачен для инфракрасных лучей. Следы крови в этих случаях видны темными на светлом фоне.

Метод фотографирования в инфракрасных лучах может быть использован для раннего выявления трупных пятен, не видимых глазом. В более поздних стадиях трупные пятна «исчезают» на фотоснимках в инфракрасных лучах; это может быть использовано для выявления деталей, маскируемых этими пятнами, кровеносных сосудов, кровоподтеков, дополнительных следов выстрела, а также для реставрации трупа.

Как указывалось, при наличии в крови окиси углерода прозрачность ее в инфракрасной части спектра повышается. Это может быть использовано для обнаружения карбоксигемоглобина в крови в случаях отравления окисью углерода. Хорошие результаты получают при этом даже с кровью относительно давнего происхождения.

ЛИТЕРАТУРА

- Н. В. Терзиев, Б. Р. Киричинский, А. А. Эйсман, Е. Б. Геркен, Физические исследования в криминалистике, Юриздат, 1948.
- В. И. Пашкова, Труды Государственного научно-исследовательского института судебной медицины, М., 1949, стр. 202.
- Н. И. Пинегин, Проблемы физиологической оптики, т. V, М., 1948, стр. 3.
- И. А. Хвостиков, Съёмка, наблюдение и сигнализация сквозь туман, Гостехиздат, 1942.
- И. А. Марголин, Н. П. Румянцев, Основы инфракрасной техники, М., 1957.
- М. Черни и Х. Редер, «Успехи физических наук», вып. 1, т. 25, 1941.
- М. П. Бухман, «Журнал технической физики», т. 5, вып. 6, 1935.
- А. А. Ильина, «Успехи физических наук», т. 23, вып. 3--4, 1946.
- «Свойства фотографических материалов на прозрачной подложке», М., 1955.
- А. И. Дидебулидзе и Г. А. Дидебулидзе, «Фоторепродукция невидимого», Тбилиси, 1946.
- М. А. Юрьев и И. А. Тельтевский, «Известия Академии наук СССР» (серия физическая), т. 11, вып. 4, 1947.
- В. Л. Левшин, В. В. Антонов-Романовский, Л. А. Тумерман, «Журнал экспериментальной и теоретической физики», ч. 10, 1934.
- Д. Стронг, «Практика современной физической лаборатории», М.-Л., 1948.
- В. М. Чулановский, «Введение в молекулярный спектральный анализ», Л., 1950.

- В. У. Вильямс, «Успехи физических наук», т. 37, вып. 2, 1949.
- С. С. Баранов, С. В. Хлудов, Э. В. Шпольский, Атлас спектров пропускания прозрачных окрашенных пленок, М.-Л., 1948.
- Д. Л. Гаррисон, Д. Дубуров, Практическая спектроскопия, М., 1950.
- Heintz E. «Journal de Physique et la Radium», 1946, № 7.
- Я. Бокник. Оптическая сенсibilизация, М., 1937.
- Б. Р. Киричинский, Криминалистика и научно-судебная экспертиза, Сб. 2, Киев, 1948.
- Б. Р. Киричинский, Криминалистика и научно-судебная экспертиза, Сб. 3, Киев, 1949.
- I. Eggert, Archiv für Kriminologie, 1935, т. 97, № 5/6.
- М. А. Анго, Инфракрасные излучения, М.-Л., 1957.
- А. А. Эйсмани и Ю. А. Малышев, «Советская криминалистика на службе следствия», вып. 9, М., 1957, стр. 55—93.
- С. М. Соловьев, Фотографирование в инфракрасных лучах, М., 1957.
- Б. З. Кабаков, Рефераты докладов 2-й расширенной научной конференции Научного общества судебных медиков и криминалистов, Киев, 1956.
- Л. А. Винокуров, «Журнал экспериментальной и теоретической физики», 1951, № 21.
- Ж. Леконт, Инфракрасное излучение, М., 1958.
- Л. Беллами, Инфракрасные спектры молекул, М., 1957.
- В. Е. Кичка, Инфракрасные лучи в военном деле, Воениздат, 1958.
-

Глава XVII

ИССЛЕДОВАНИЯ В УЛЬТРАФИОЛЕТОВЫХ ЛУЧАХ

§ 1. Ультрафиолетовые лучи и их применение

Ультрафиолетовые лучи непосредственно примыкают к видимой части спектра со стороны коротковолновых фиолетовых лучей. Границей между ультрафиолетовой и видимой частями спектра принято считать 400 мкм. Коротковолновая граница ультрафиолетовой части спектра расположена около 50°A (5 мкм). Из всей этой области в криминалистике используется только сравнительно небольшой участок от 400 мкм до 200 мкм (рис. XVI—1). Объясняется это тем, что около 200 мкм находится граница пропускания ультрафиолетовых лучей кварцем и флюоритом, применяемыми в качестве материала для ультрафиолетовой оптики. В этой же области расположен и предел чувствительности фотографических материалов к ультрафиолетовым лучам. Для более коротковолновых ультрафиолетовых лучей становятся непрозрачными все известные вещества, в том числе и воздух.

Применяемую в криминалистике область ультрафиолетовой части спектра принято условно делить на три части:

а) длинноволновые ультрафиолетовые лучи с длиной волны 400—320 мкм;

б) средневолновые ультрафиолетовые лучи с длиной волны 320—275 мкм;

в) коротковолновые ультрафиолетовые лучи с длиной волны короче 275 мкм.

Человеческий глаз обычно воспринимает как свет электромагнитные волны с длиной от 396 до 760 мкм. При особо благоприятных условиях эти границы могут быть значительно расширены. Гуревич и В. Г. Самсонов, а также Пинегин показали, что в области ультрафиолетовых лучей чувствительность глаза доходит до 302 мкм, при этом она, однако, настолько мала, что ее невозможно использовать практически. Так, уже при 400 мкм чувствительность глаза составляет всего 0,004 чувствительности при 565 мкм.

Значительная часть объектов, прозрачных или хорошо отражающих видимый свет, обладает большим поглощением в области ультрафиолетовых лучей. В то же время известно только очень небольшое количество веществ, непрозрачных для видимого света и хорошо пропускающих ультрафиолетовые лучи. Обычное стекло непрозрачно для ультрафиолетовых лучей с длиной волны менее 350 мкм и потому объективы, линзы и другие оптические детали для более коротковолнового ультрафиолетового излучения изготавливаются из кварца, флюорита, каменной соли или же из специального увиолевого стекла. Органическое стекло (плексиглас) в тонких слоях непрозрачно для ультрафиолетовых лучей с длиной волны короче 275 мкм.

В криминалистике ультрафиолетовые лучи начали применяться уже более 40 лет тому назад, в первую очередь для целей так называемого люминесцентного анализа. В частности, в 1914 году исследования в ультрафиолетовых лучах проводились С. М. Потаповым и В. И. Фаворским в Киевском кабинете научно-судебной экспертизы.

В течение многих лет основным видом применения ультрафиолетовых лучей в криминалистике являлся люминесцентный анализ (см. гл. XVIII). В настоящее время для возбуждения люминесценции тел пользуются не только ультрафиолетовыми лучами, но также видимым светом, электронными пучками, рентгеновскими лучами и др.

Несколько позже стали применять исследование криминалистических объектов в отраженных ультрафиолетовых лучах. Для этой цели пользовались

первоначально только фотографическим методом. С течением времени начали применять также и специальные устройства, позволяющие производить визуальные исследования в ультрафиолетовой части спектра — люминесцентные, а также электронно-оптические преобразователи ультрафиолетового изображения в видимое. Метод цветовой трансформации по Брумбергу позволил наблюдать цветные изображения объектов, окраска элементов которых определяется различием в поглощении лучей разных участков ультрафиолетовой области спектра.

Наконец, как на метод исследования, применяемый в криминалистике, следует указать на абсорбционную спектрофотометрию в ультрафиолетовой части спектра.

§ 2. Источники ультрафиолетовых лучей

В дошедшем до земной поверхности солнечном излучении присутствуют лишь ультрафиолетовые лучи с длиной волны 400—290 мкм, да и то очень сильно ослабленные по сравнению с лучами видимой части спектра. В следующей таблице приведены данные относительно пропускания земной атмосферой ультрафиолетовых лучей.

Длина волны в мкм	Пропускание земной атмосферой	
	оптическая плотность атмосферы	пропускание в %
400	0,15	70
350	0,26	55
302	1,77	1,7
293	4,12	0,008
290	6,30	0,00005

Спектральное распределение энергии в спектре солнца зависит от его высоты. Чем больше высота солнца над горизонтом, тем больше доходят до земли коротковолновые излучения. Так, в декабре ультрафиолетовая облученность земной поверхности в 100 раз меньше, чем в июле. В излучении восходящего и заходя-

щего солнца ультрафиолетовых лучей с длиной волны короче 420 мкм не содержится.

Уже незначительное содержание пыли в воздухе, туман и т. п. существенно уменьшают количество ультрафиолетовых лучей, достигающих поверхности земли.

Таким образом, солнце является очень непостоянным источником ультрафиолетового излучения (и притом главным образом длинноволнового), интенсивность и спектральный состав которого зависят от географического местоположения, времени года, времени суток, прозрачности воздуха и иных причин.

Вследствие этого в лабораторной практике предпочитают пользоваться искусственными источниками ультрафиолетовых лучей, к которым относятся:

- а) лампа накаливания;
- б) электрическая дуга;
- в) искровой разряд;
- г) ртутные лампы различных типов;
- д) люминесцентные лампы (см. также гл. III).

а) Электрические лампы накаливания. Накаленная нить электрической лампы, особенно в случае многоваттных ламп (мощностью более 200—300 ватт), помимо видимых и инфракрасных, излучает также и ультрафиолетовые лучи, относительное количество которых возрастает с повышением температуры нити. Количество этих лучей, однако, невелико, и, кроме того, стекло лампы поглощает излучение с длиной волны короче 340 мкм. Поэтому практического значения в качестве источника ультрафиолетовых лучей лампы накаливания не получили.

б) Электрические дуги. Электрическая дуга с угольными электродами (дуга Петрова) представляет собой довольно мощный источник ультрафиолетовых лучей. Благодаря более высокой температуре, а также добавочному люминесцентному свечению пламени в области 250 и 390 мкм излучение дуги значительно богаче ультрафиолетовыми лучами, чем лампы накаливания.

Еще большее количество ультрафиолетовых лучей дают дуги, угли которых содержат примесь солей железа, магния, алюминия и др.

Недостатками дуги в качестве источника ультрафиолетовых лучей является непостоянство излучения, необходимость постоянного контроля и значительное

количество выделяющегося тепла. Преимущество — возможность осуществления точечного (практически) источника, излучение которого может быть сконцентрировано в желаемом направлении. В настоящее время в качестве источников ультрафиолетового излучения электрические дуги применяются редко.

в) Искровой разряд. Конденсированный высоковольтный разряд между металлическими электродами

является очень интенсивным источником излучения, особенно в области коротковолнового ультрафиолета. Недостатками его являются необходимость высокого напряжения порядка 10—15 000 вольт и сильный треск.

г) Ртутные лампы. Наиболее широко распространенным в лабораторной практике источником ультрафиолетовых лучей являются ртутные лампы различных типов:

1. Ртутно-кварцевые лампы высокого давления.

2. Ртутные лампы низкого давления.

3. Ртутно-кварцевые лампы сверхвысокого давления.

Чаще других применяются ртутно-кварцевые лампы высокого давления.

Наиболее распространенными лампами высокого давления являются лампы типа ПРК, предназначенные, в основном, для работы в сетях переменного тока. Описание этих ламп, электрические данные и схемы их включения приведены в главе III.

На рис. XVII-16 приведена кривая спектрального излучения ламп типа ПРК в ультрафиолетовой части спектра.

Для возбуждения ртутно-кварцевых ламп типа ПРК можно пользоваться также переменным током с частотой

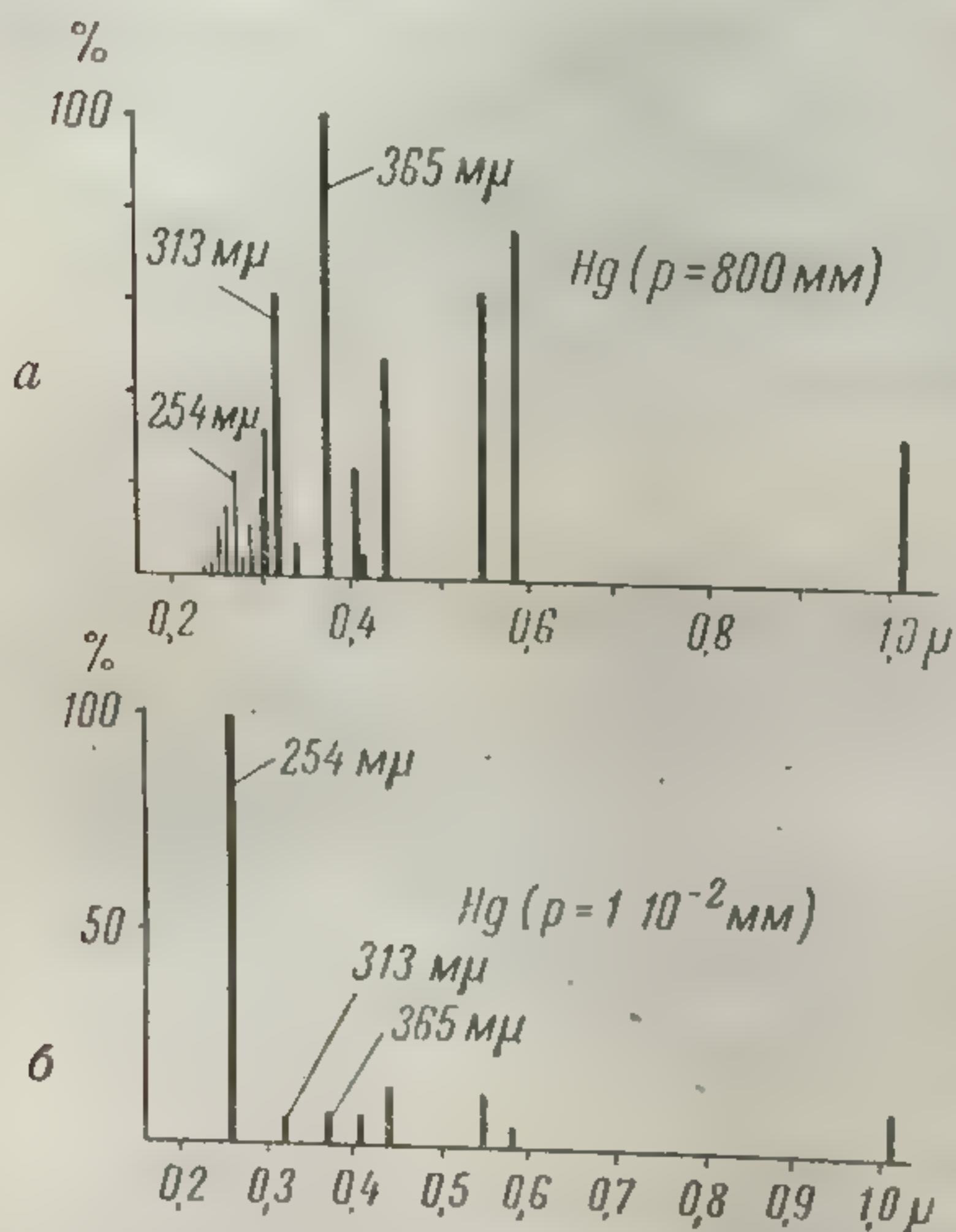


Рис. XVII—1. Распределение энергии в спектрах ртутных ламп низкого (а) и высокого (б) давления

той около 30 мегагерц, даваемым специальной высокочастотной схемой. При таком питании лампы в ней возникают преимущественно коротковолновые ультрафиолетовые лучи с длиной волны 254 мкм. Особенностью этой схемы является малый нагрев лампы и возможность использования ламп, уже непригодных для работы в обычных схемах.

Ртутно-кварцевые лампы высокого давления дают преимущественно длинноволновое ультрафиолетовое излучение. Для получения коротковолновых ультрафиолетовых лучей применяют так называемые лампы низкого давления, в которых давление паров составляет 1—2 мм ртутного столба.

Наша промышленность для медицинских (гигиенических) целей выпускает так называемые бактерицидные лампы, представляющие собой аргоно-ртутные лампы низкого давления ($6 \cdot 10^{-3}$ мм Hg) с колбой из увиолевого стекла, прозрачного для коротковолновых ультрафиолетовых лучей и пропускающего 45—78% излучения с длиной волны 254 мкм. Источником лучей является электрический разряд в парах ртути.

Электрические данные и размеры бактерицидных ламп приведены в таблице:

Тип лампы	Мощность лампы в ваттах	Напряжение сети в вольтах	Сила тока в лампе в амперах	Длина лампы без штырьков мм	Диаметр, в мм
БУВ-15	15	127	0,26—0,32	436	25
БУВ-30	30	220	0,32—0,34	894	25

Для включения этих ламп в сеть необходимы: дроссель марки КДБ-1-127 или 220 вольт, два держателя и стартер марки СК-127 или СК-220. Схема включения ламп показана в главе III.

Несмотря на свою малую мощность, бактерицидные лампы дают значительное количество коротковолнового ультрафиолетового излучения. Спектральное распределение энергии в бактерицидной лампе показано в таблице.

Спектральное распределение энергии в бактерицидной лампе

Длина волны в ммк	Относительная интенсивность излучения
254	100,0
296	1,3
313	8,1
365—366	7,7
407	8,6
436	14,1
546	13,1
577—579	4,6

Нормальный режим лампы устанавливается примерно через 5 мин. Срок службы около 1500 час.

При низкой t° окружающего воздуха затрудняется зажигание и снижается интенсивность ультрафиолетового излучения.

Недостатком бактерицидных ламп является большая излучающая поверхность, составляющая в лампах БУВ-15 около 300 см².

Широко используемые в качестве источников ультрафиолетовых лучей ртутно-кварцевые лампы высокого давления не позволяют получить достаточно мощный, концентрированный пучок ультрафиолетовых лучей. Причиной этого являются значительные размеры светящейся поверхности. Более выгодным в этом отношении является применение ламп, в которых светящаяся поверхность по своим размерам приближается к точке. Такими лампами являются ртутно-кварцевые лампы сверхвысокого давления.

Чаще всего в лабораторной практике применяются лампы СВДШ-250 (буква Ш указывает на шарообразную форму колбы), являющиеся мощным источником длинноволновых ультрафиолетовых лучей, и лампы СВД-120А. Описание этих ламп, электрические данные и спектральные характеристики приведены в главе III.

Нормальное положение лампы при горении вертикальное, цоколем электрода поджигается вверх.

Лампы с
лучения
применяется
вого, не
ультрафиолетового
В качестве
жет быть ис
ностью люмин
ртутной лам
(см. гл. XVII)
д) Люмин
источник
следнее вре
вого излуче
лампы, внутр
излучающим
гл. III).

Лампы с
ные под назв
неволевое у
около 310 м

Лампы с
длинноволнов

мом в област

Несмотря
излучение, по

нию лампы Г
фиолетового

Кроме ука
летового излу

1. Водород
ряд происхо

дает непрерыв
фиолета.

2. Ксеноно
в атмосфере

ны ртутным
ультрафиолет

лам — необх
сеть сложной

ствие чего эти
менения.

Лампа СВД-120А имеет большую интенсивность излучения в области от 250 до 400 мкм, благодаря чему применяется в тех случаях, когда, кроме длинноволнового, необходимо получить также коротковолновое ультрафиолетовое излучение.

В качестве источника ультрафиолетовых лучей может быть использован выпускаемый нашей промышленностью люминесцентный осветитель ОИ-18, снабженный ртутной лампой СВД 120-А и набором светофильтров (см. гл. XVIII).

д) Люминесцентные лампы и другие источники ультрафиолетовых лучей. В последнее время в качестве источников ультрафиолетового излучения применяются также люминесцентные лампы, внутренние стенки которых покрыты фосфорами, излучающими ультрафиолетовые лучи (см. также гл. III).

Лампы с фосфором $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2\text{Zn}_2(\text{PO}_4)_2\text{Tl}$, известные под названием эритемных ламп (ЭУВ), дают средневолновое ультрафиолетовое излучение с максимумом около 310 мкм.

Лампы с фосфором $\text{BaSi}_2\text{O}_5\text{Pb}$ являются источником длинноволновых ультрафиолетовых лучей с максимумом в области 350 мкм.

Несмотря на малую мощность (15 ватт), они дают излучение, по интенсивности примерно равное излучению лампы ПРК-4 (в соответствующем участке ультрафиолетового спектра).

Кроме указанных, в качестве источников ультрафиолетового излучения могут быть использованы:

1. Водородная лампа, в которой электрический разряд происходит в атмосфере водорода. Лампа эта дает непрерывный спектр излучения в области ультрафиолета.

2. Ксеноновые лампы, в которых происходит разряд в атмосфере ксенона; по своей конструкции они подобны ртутным лампам и являются мощным источником ультрафиолетовых лучей. Недостаток ксеноновых ламп — необходимость применения для включения в сеть сложной пускорегулирующей аппаратуры, вследствие чего эти лампы и не получили еще широкого применения.

В качестве источника длинноволновых ультрафиолетовых лучей малой интенсивности может быть использована самолетная лампа СМ-19 (напряжение 26 в, мощность 25 вт) в колбе из черного стекла.

§ 3. Способы выделения ультрафиолетовых лучей

Любой из указанных ранее источников ультрафиолетовых лучей дает также то или иное количество видимых лучей, вследствие чего необходимо отделять ультрафиолетовые лучи от лучей видимых. Для этого пользуются различного рода светофильтрами, а также монохроматорами.

Применяемые светофильтры могут быть разделены на три группы:

1. Фильтры, пропускающие ультрафиолетовые и поглощающие видимые лучи.

2. Фильтры, пропускающие видимые и поглощающие ультрафиолетовые лучи.

3. Фильтры, предназначенные для выделения различных участков ультрафиолетовой области спектра.

В качестве светофильтров, пропускающих ультрафиолетовые и поглощающих видимые лучи, чаще всего используются твердые светофильтры марок УФС-1, УФС-2, УФС-3, УФС-4, изготовленные из прозрачного для ультрафиолетовых лучей увиолевого стекла, содержащего окись никеля. Кривые спектрального пропускания этих фильтров приведены на рис. XVII—2.

Они отличаются друг от друга областью пропускания ультрафиолетовых лучей. Кроме того, все эти фильтры в некоторой степени пропускают лучи красной части спектра с длиной волны около 700 мкм. Это не представляет существенных неудобств при работе с ртутными лампами, излучение которых очень бедно красными лучами.

Фильтр УФС-1 пропускает широкую область ультрафиолетовых лучей от 240 до 400 мкм, т. е. все три области излучения, используемые в криминалистике, — коротко-, средне- и длинноволновую.

Фильтр УФС-2 пропускает средне- и длинноволновые ультрафиолетовые лучи. Фильтры УФС-1 и УФС-2 при длительном облучении постепенно теряют свою прозрачность для ультрафиолетовых лучей.

Фильтры УФС-3 и УФС-4 пропускают только длинноволновые ультрафиолетовые лучи. Фильтры этого типа обычно применяются в установках для люминесцентного анализа. Фильтры УФС-4 обладают высокой термической стойкостью.

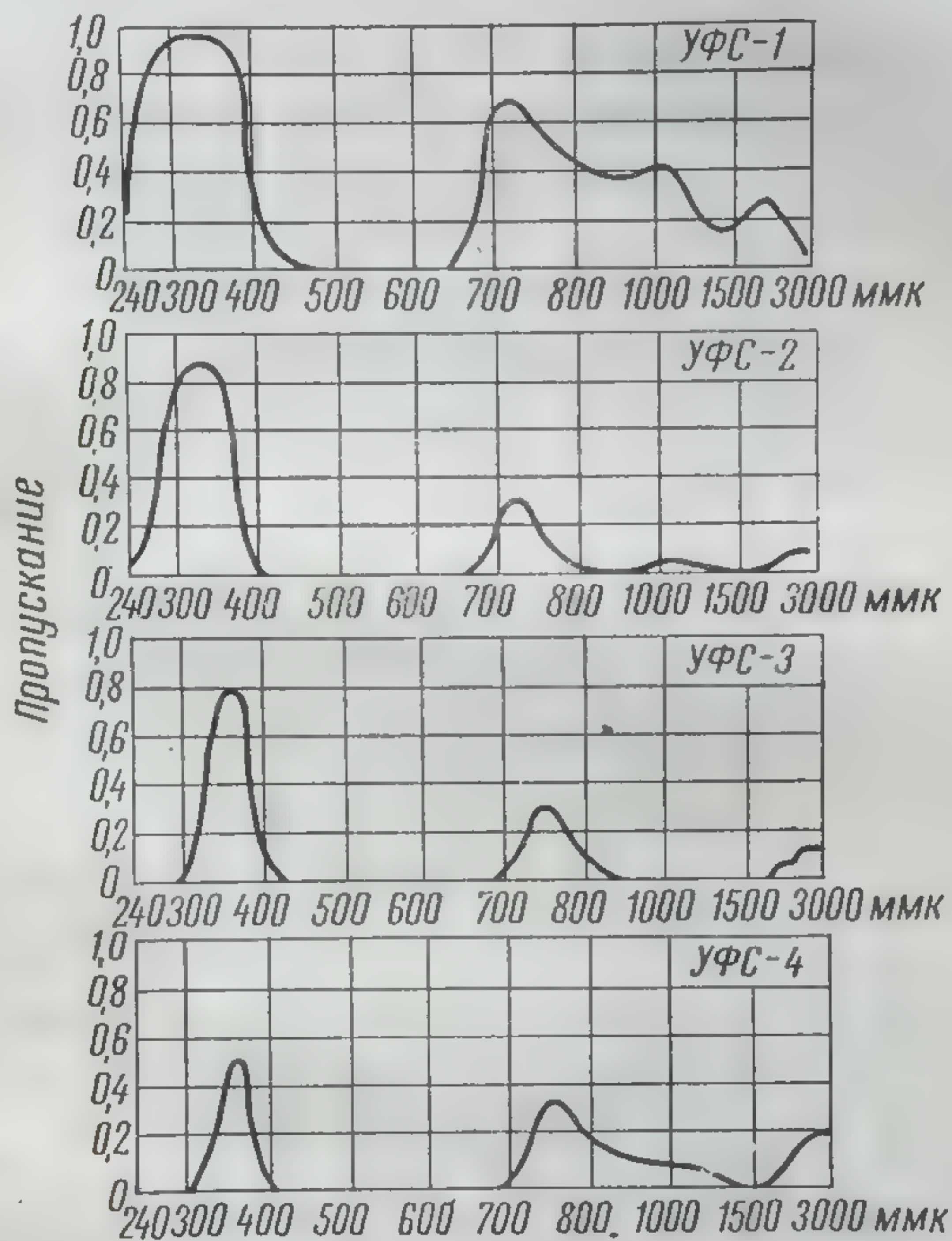


Рис. XVII—2. Ультрафиолетовые светофильтры

Для выделения средневолновых ультрафиолетовых лучей (линия 313 мкм ртутного спектра) может быть использован составной фильтр, состоящий из стекол УФС-2 и ЖС-3.

Для выделения коротковолновых ультрафиолетовых лучей (область 250—285 мкм) применяются газовые светофильтры, представляющие собой кварцевые

кюветы, заполненные хлором и бромом; так как эти фильтры пропускают также и видимые лучи, то их комбинируют с фильтром УФС-1.

Для выделения отдельных линий ртутного спектра в литературе предложены следующие комбинации фильтров:

- линия 365 мкм — фильтр УФС-3 + для устранения мешающего красного света жидкий фильтр из сернокислой меди (100 г на 1 л) толщиной 5 см;
- линия 330 мкм — фильтр УФС-2 + жидкий фильтр из раствора сернокислого никеля (100 г на 1 л воды), толщиной 5 см + раствор нафталина в изооктане (12,8 г на 1 л) толщиной 1 см;
- линия 313 мкм — фильтр УФС-2 + жидкий фильтр из раствора сернокислого никеля (200 г на 1 л воды), толщиной 5 см + раствор хромовокислого калия (0,2 г на 1 л воды) толщиной 1 см;
- линия 254 мкм — жидкий кобальт — никелевый фильтр, содержащий в 1 л 200 г сернокислого никеля и 45 г сернокислого кобальта толщиной 5 см + раствор 1,4 дифенил-бутадиена (4,24 мг на 100 мл этилового эфира) толщиной 1 см.

В качестве материала для изготовления кювет для жидких фильтров может быть использован плексиглас, в тонких слоях пропускающий ультрафиолетовые лучи с длиной волны более 280 мкм. Кюветы, предназначенные для коротковолновых ультрафиолетовых лучей, должны иметь стенки из кварца или увиолевого стекла.

Для поглощения ультрафиолетовых лучей могут быть использованы светофильтры из бесцветного стекла марки БС, пропускающие видимую часть спектра и не пропускающие ультрафиолетовые лучи. Кривые спектрального пропускания этих фильтров приведены на рис. XVII—3. Для поглощения ультрафиолетовых лучей могут быть использованы также и светофильтры из стекла марок ЖС, ЖЗС и ОС.

Комбинированные фильтры, служащие для выделения отдельных участков ультрафиолетовой области спектра, могут быть заменены кварцевым бесщелевым монохроматором, состоящим из одной или двух кварцевых линз и кварцевой же призмы, установленных,

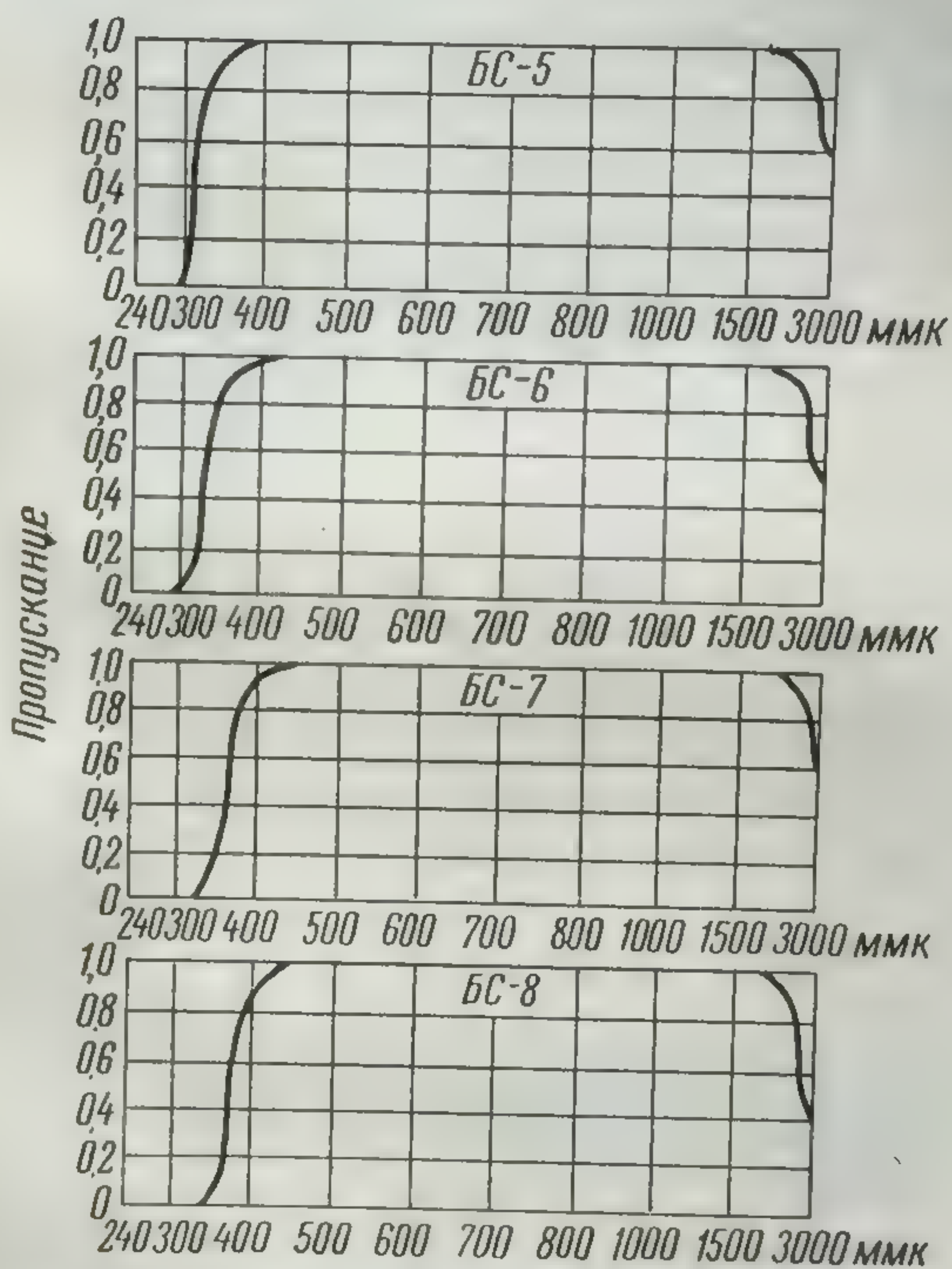


Рис. XVII—3. Фильтры, задерживающие ультрафиолетовые лучи

как показано на рис. XVII—4. Выходящий из точечного источника пучок ультрафиолетовых лучей при помощи кварцевой линзы направляется на призму. Призма разлагает пучок лучей в спектр, отклоняет коротковолновые ультрафиолетовые лучи сильнее к основанию.

Помещая исследуемый объект в то или иное место пучка лучей, прошедшего через призму, мы подвергаем

его действию ультрафиолетовых лучей различной длины волны.

Чтобы направить пучок ультрафиолетовых лучей в нужном направлении, применяют линзы и зеркала. Для длинноволновых ультрафиолетовых лучей могут быть использованы обычные стеклянные линзы, для средне- и коротковолновых ультрафиолетовых лучей требуются линзы из кварца или увиолевого стекла.

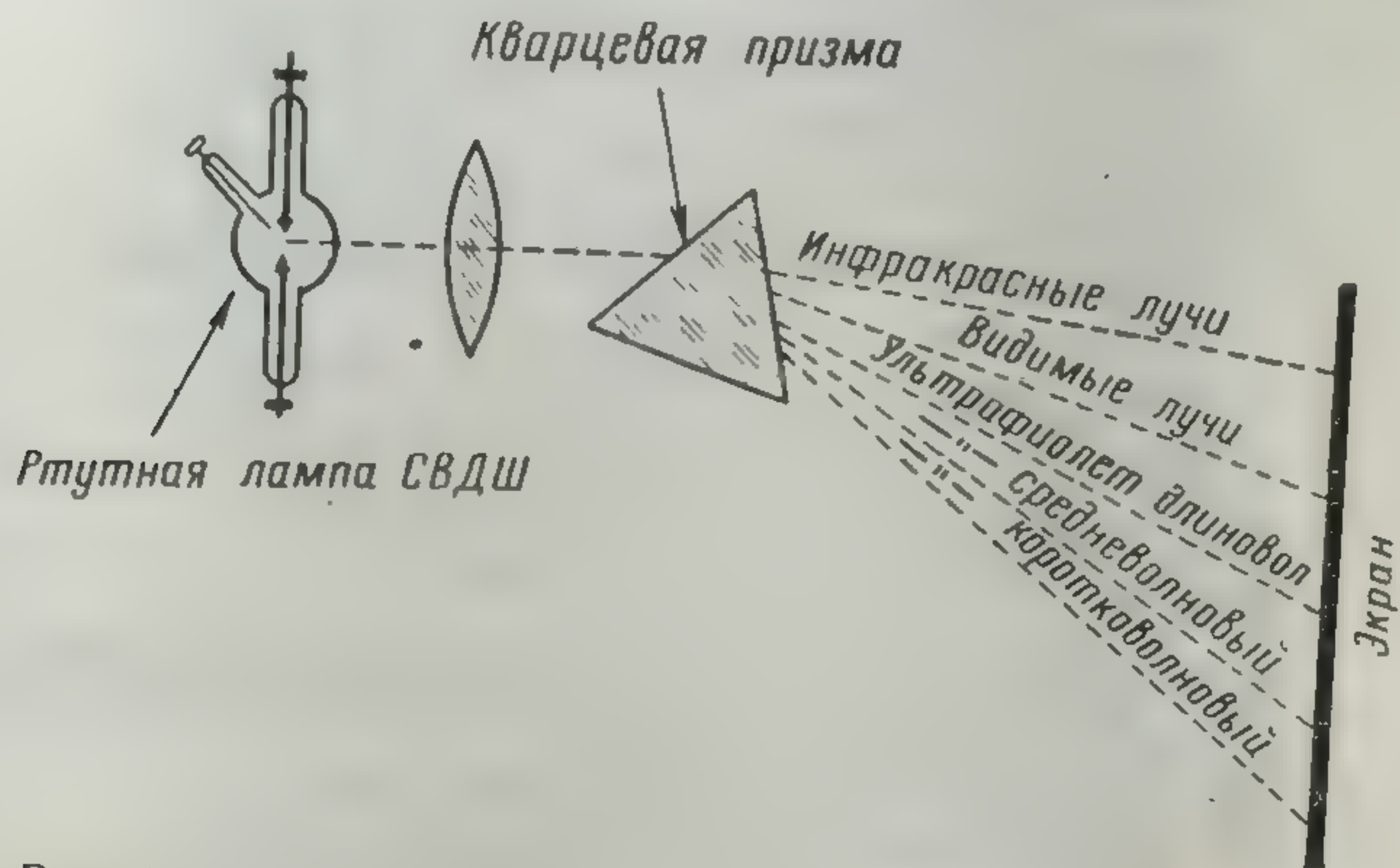


Рис. XVII—4. Схема бесщелевого кварцевого монохроматора

Для отражения ультрафиолетовых лучей обычные зеркала непригодны, так как слой серебра, которым они покрываются, прозрачен для средневолновых ультрафиолетовых лучей. Для этой цели лучше пользоваться алюминиевыми зеркалами или же более прочными хромированными.

§ 4. Приемники ультрафиолетовых лучей

Человеческий глаз мало чувствителен к ультрафиолетовому излучению. Поэтому при исследованиях в ультрафиолетовых лучах приходится пользоваться различными приемниками, чувствительными к ультрафиолетовым лучам. В качестве таких приемников используются:

1. Фотографические пластинки.
2. Флуоресцирующие экраны.

3. Фотоэлементы и фотосопротивления.

Наиболее часто применяемым приемником ультрафиолетовых лучей являются фотографические пластинки и пленки.

Для фотографирования в ультрафиолетовых лучах могут быть использованы любые фотоматериалы (диапозитивные, несенсибилизированные, изоорто и др.) до длины волны $\lambda = 200$ мкм. На рис. XVII—5 приведена кривая спектральной чувствительности несенсиби-

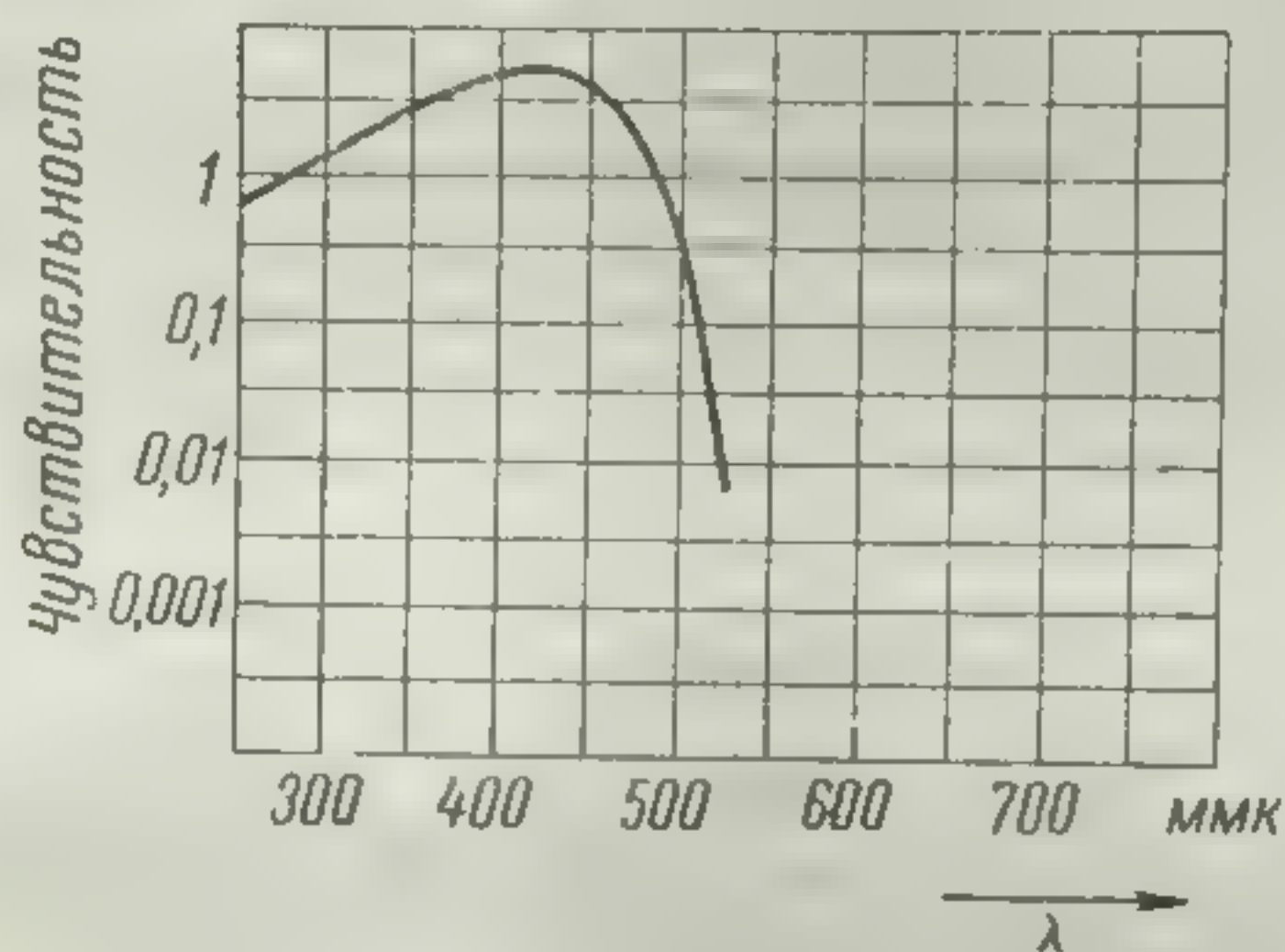


Рис. XVII—5. Спектральная чувствительность несенсибилизированных пластинок

лизированных фотоматериалов. Указанная на упаковке фотоматериалов чувствительность в градусах ГОСТ не характеризует чувствительности этих материалов к ультрафиолетовому излучению.

Наряду с фотографическими материалами для исследования в ультрафиолетовых лучах пользуются также и флуоресцирующими экранами, которые позволяют проводить визуальные наблюдения в ультрафиолетовой части спектра (см. ниже). В таблице на стр. 396 указаны некоторые флуоресцирующие красители, применяемые для изготовления подобных экранов. Красители эти ярко флуоресцируют под действием ультрафиолетовых лучей, будучи растворенными в прозрачных лаках (винилитовый спиртовый и этилацетатный, даммарный скипидарный, цапон лак, пихтовый бальзам, в спирте и этилацетате).

В качестве экранов, флуоресцирующих под действием ультрафиолетовых лучей, могут быть также использованы пластинки уранового стекла, пластинки,

покрытые слоем антрацена, и, наконец, цинк-кадмий сульфидные экраны, применяемые в рентгеновских кабинетах для рентгеноскопии.

№ п/п	Наименование	Среда	Оптимальная концентрация г/литр	Цвет флуоресценции	Относительная яркость
1	Флуоресцеин . . .	щелочная	0,8	Желто-зеленый	19
2	Родамин С	нейтральная	0,6	Красно-оранжевый	3
3	» 6 ЖДН	»	2,5	Коричневый	1
4	Эозин	»	1,5	Желто-оранжевый	6
5	Аурамин	слабо-кислая	0,5	Желто-зеленый	3
6	Риваноль	»	0,4	Зеленый	11
7	Нафтионовая кислота	нейтральная	4,0	Фиолетовый	2
8	Гидрастинин . . .	»	2,0	Голубой	12
9	Гидрастинин 0,2%				
10	Родамин С 0,001%	щелочная		Белый	17
	Флуоресцеин 0,003%				
	Флуоресцеин 0,08%	щелочная		Оранжевый	
	Родамин С 0,015%				

Для изготовления флуоресцирующих экранов высокой разрешающей силы, достигающей 200—300 линий на 1 мм, В. В. Зелинский рекомендует следующий способ — хорошо отполированную пластинку из метил-полиметакриловой пластмассы помещают на 30 мин. при $t = 50^\circ$ в смесь из 3 ч спирта и 2 ч воды, содержащую:

3 аминифталимида 0,4%
3,6 диаминофталимида 0,4%

после чего обтирают ватой, смоченной спиртом. С одной стороны пластинки окрашенный слой сполировывается.

В качестве приемников ультрафиолетового излучения могут быть использованы фотоэлементы и фотосопротивления.

Селеновые фотоэлементы обладают чувствительностью в ультрафиолетовой части спектра до 250 мкм.

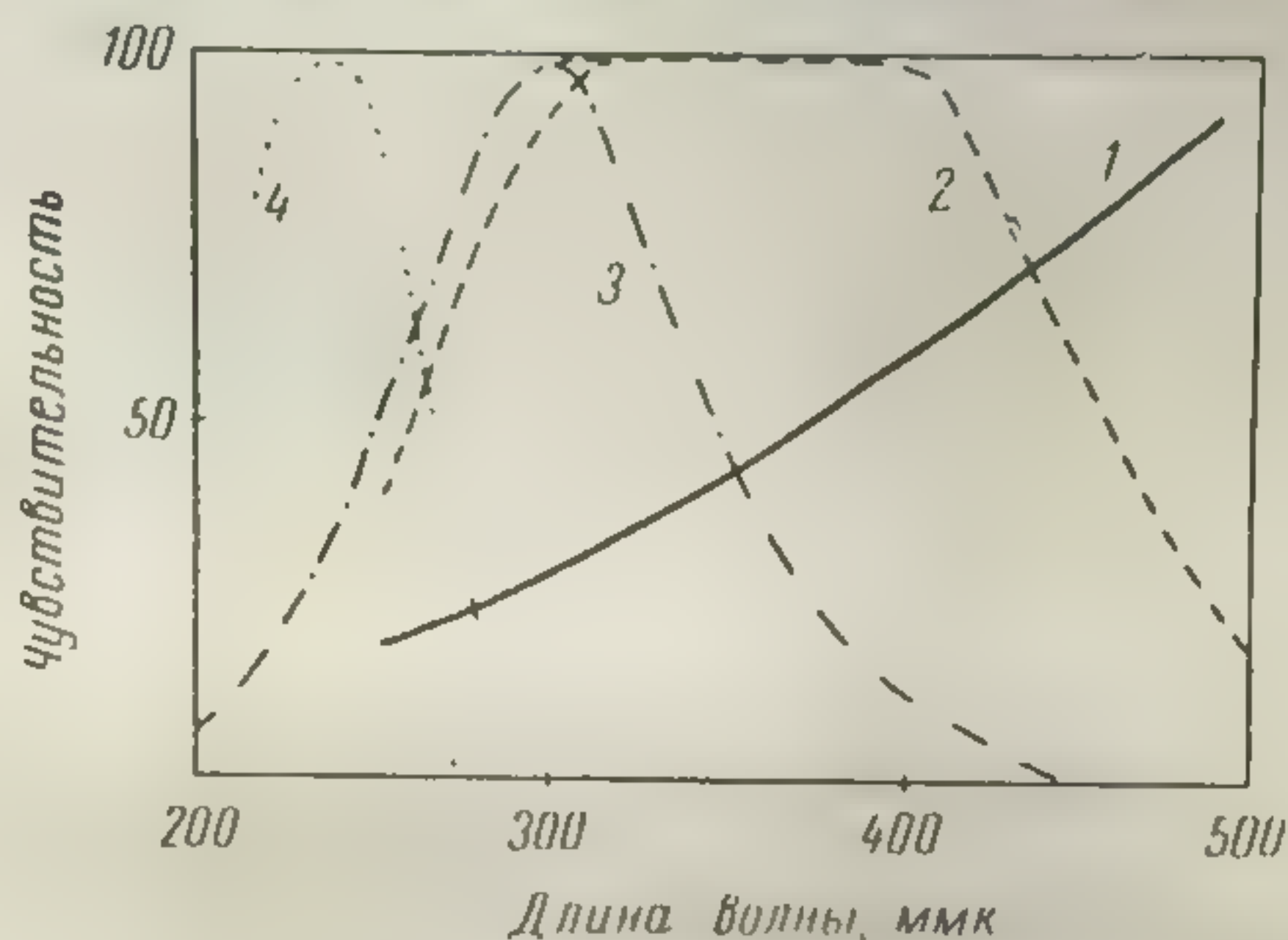


Рис. XVII—6. Относительная спектральная чувствительность фотоэлементов в УФ части спектра:

1 — селеновый, 2 — сурмяно-цезиевый,
3 — натриевый, 4 — кадмиевый

Высокой чувствительностью к ультрафиолетовым лучам обладают сернисто-кадмиевые фотосопротивления ФСК-М, разработанные в институте физики АН УССР. На рис. XVII—6 приведены кривые относительной спектральной чувствительности различных фотоэлементов в ультрафиолетовой части спектра.

§ 5. Методы исследования в ультрафиолетовых лучах

Соответственно используемым приемникам применяемые при криминалистической экспертизе вещественных доказательств методы исследования в ультрафиолетовых лучах могут быть разбиты на следующие группы:

1. Фотографические методы, которые являются наиболее старыми и вместе с тем наиболее распространен-

ными в криминалистических лабораториях. К этой группе относятся — фотографирование в отраженных ультрафиолетовых лучах и цветная фотография в ультрафиолетовых лучах.

2. Визуальные наблюдения с помощью флуоресцирующих экранов.

3. Визуальные наблюдения с помощью электронно-оптических преобразователей.

4. Фотометрические и спектрофотометрические измерения.

а) Фотографирование в отраженных ультрафиолетовых лучах. При этом методе на фотопластинке получается изображение объекта, образованное отраженными ультрафиолетовыми лучами. Схема метода представлена на рис. XVII—7.

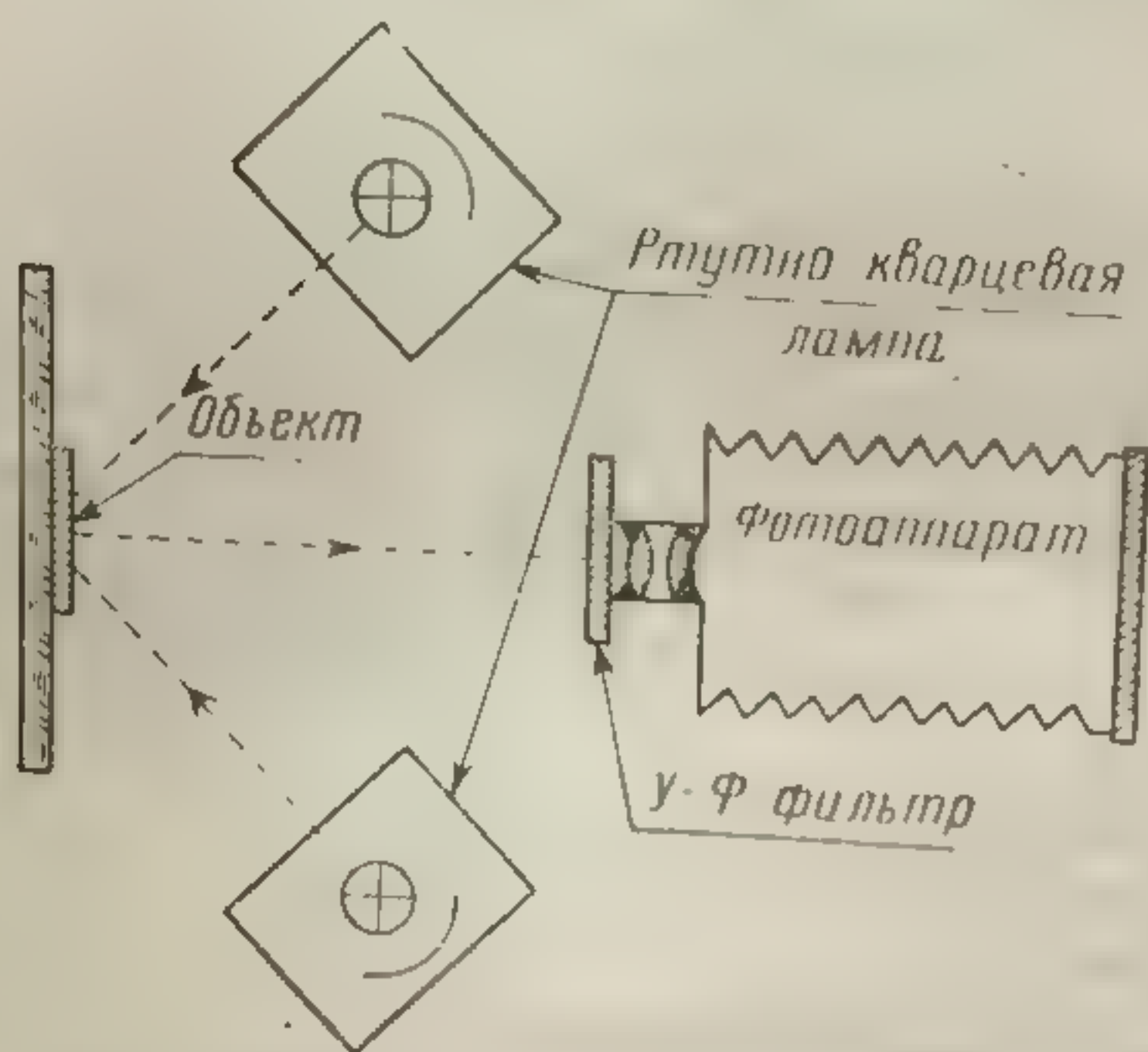


Рис. XVII—7. Фотографирование в ультрафиолетовых лучах

Исследуемый объект освещается суммарным, т. е. ультрафиолетовым и видимым излучением. Фотографирование производится с помощью фотоаппарата, перед объективом которого установлен светофильтр, поглощаю-

щий видимые и пропускающий ультрафиолетовые лучи.

Фотоаппарат может быть взят любого типа, необходимо только, чтобы объектив его пропускал ультрафиолетовые лучи. Обычные фотографические объективы пропускают только длинноволновые ультрафиолетовые лучи с длиной волны более 350 мкм. Так, объектив «Индустар 10», которым снабжен аппарат «ФЭД», пропускает около 40% излучения ртутной линии 365 мкм, а объектив «Ортогос» аппарата «Фотокор» 17% излучения этой же линии. Значительно хуже пропускают ультрафиолетовые лучи объективы с просветленной оптикой. Таким образом, обычные фотографические объективы могут быть использованы только при фотографировании в длинноволновых ультрафиолетовых лучах.

При фотографировании в средне- и коротковолновых ультрафиолетовых лучах берется либо кварцевый, либо зеркально-линзовый объектив.

Кварцевый объектив имеет линзы, изготовленные из кварца. Простейший объектив состоит из одной кварцевой линзы. Кварцевый объектив обладает хроматической аберрацией и потому дает резкое изображение только для лучей одной определенной длины волны. При фотографировании с помощью кварцевого объектива необходимо помнить о том, что у этих объективов фокусы для видимых и для ультрафиолетовых лучей не совпадают, и для получения резкого изображения, после наводки на резкость в видимых лучах, необходимо вводить фокусную поправку, т. е. приближать матовое стекло к объективу на определенное расстояние. Величина фокусной поправки составляет от $1/25$ до $1/10$ растяжения камеры, в зависимости от длины волны лучей и масштаба изображения и должна быть в каждом конкретном случае определена экспериментальным путем. Для этого производят ряд снимков одного и того же объекта при различных расстояниях от матового стекла до объектива, после чего выбирают наиболее резкий снимок. Фокусную поправку можно не вводить, если объектив задиафрагмирован более, чем до $1:12,5$, или же если производить наводку на резкость в ультрафиолетовых лучах, пользуясь матовым стеклом, на которое нанесен флуоресцирующий состав.

В зеркально-линзовых объективах наряду с линзами имеются и зеркала. Сочетание отражающих и преломляющих поверхностей позволяет исправлять сферическую и хроматическую аберрацию для широкой области спектра, включающей как видимые, так и ультрафиолетовые лучи. Зеркально-линзовые объективы, в отличие от обычных линзовых, пригодны не только для видимой, но также для инфракрасной и ультрафиолетовой областей спектра.

В настоящее время в СССР изготавливаются зеркально-линзовые микроскопические объективы, которые могут быть использованы для целей микрофотографирования в отраженных ультрафиолетовых лучах.

Перед объективом фотоаппарата, как уже указывалось ранее, устанавливается фильтр, пропускающий ультрафиолетовые и задерживающий видимые лучи.

Выбор фильтра зависит от того, в какой области ультрафиолетовой части спектра производится снимок. Применяемые фильтры описаны в параграфе «Способы выделения ультрафиолетовых лучей».

В качестве фотоматериалов для фотографирования в ультрафиолетовых лучах преимущественно применяются несенсибилизированные пластинки и пленки, как, например, диапозитивные, фототехнические и др., хотя могут быть использованы также пластинки типа

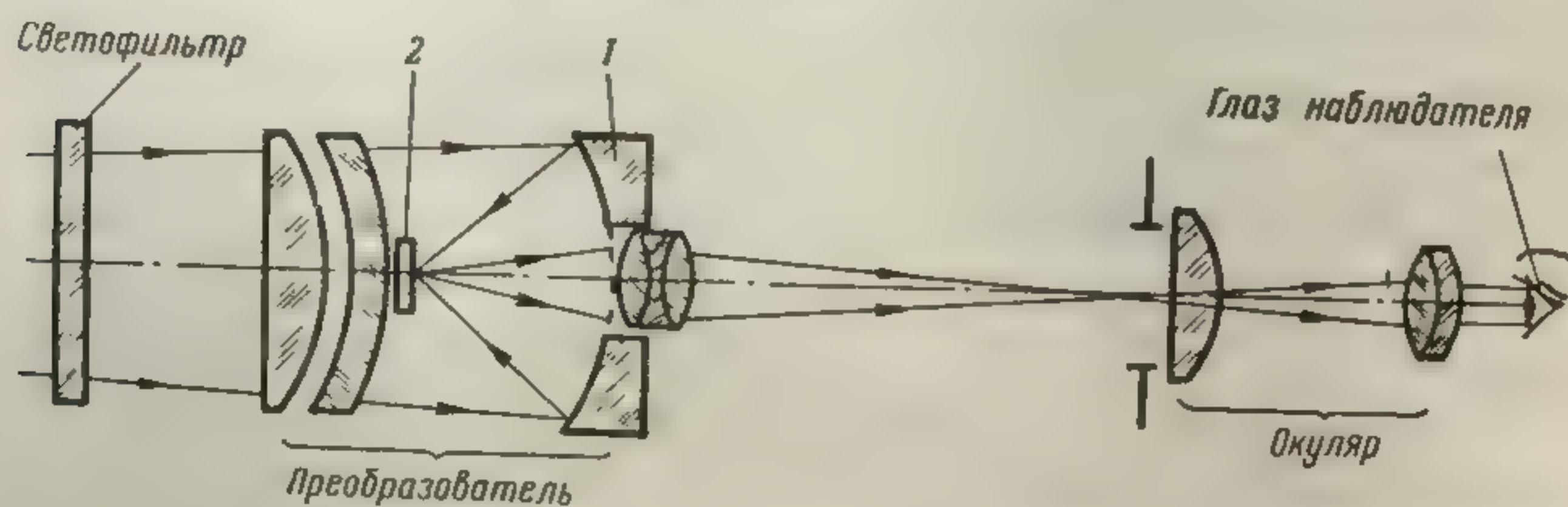


Рис. XVII—8. Зрительная труба для наблюдения в ультрафиолетовых лучах:

1 — зеркало объектива, 2 — флуоресцирующий экран

«Изоорто». Пластинок и пленок «Панхром» и «Изопанхром» применять не следует, так как они чувствительны к красным лучам, пропускаемым в известной степени светофильтрами, служащими для выделения ультрафиолетовых лучей.

Описанным способом можно производить фотографирование в ультрафиолетовых лучах с длиной волны более 200—250 мкм. Фотографирование в более коротковолновых ультрафиолетовых лучах затруднено тем, что эти лучи в значительной степени поглощаются в воздухе, а кварцевый объектив не пропускает лучей с длиной волны короче 200 мкм.

б) Цветная фотография в ультрафиолетовых лучах. При производстве криминалистических исследований в ультрафиолетовых лучах в ряде случаев оказывается целесообразным применение метода цветовой трансформации (см. гл. IX), известного под названием «Цветной фотографии в ультрафиолетовых лучах».

Метод этот оказывается полезным при сравнительном исследовании чернил, карандашей и некоторых дру-

гих объектов. Хорошие результаты получаются тогда, когда, например, основной текст и дописка на документе произведены чернилами одного цвета, не показывающими сколько-нибудь заметной разницы в видимой части спектра, но отличающимися по поглощению ультрафиолетовых лучей различных длин волн.

На суммированном двухцветном отпечатке благодаря наличию цветового контраста часто оказываются хорошо различимыми незначительные различия плотностей, слабо заметные на каждом из отдельных снимков.

Техника фотografiрования для получения цветных снимков ничем не отличается от обычной техники фотografiрования в ультрафиолетовых лучах. Объект освещается при помощи ртутно-кварцевой лампы высокого или сверхвысокого давления. Для получения снимка в коротковолновых ультрафиолетовых лучах удобнее всего взять бактерицидную (БУВ) лампу.

в) Визуальные наблюдения с помощью флуоресцирующих экранов. Визуальные наблюдения в ультрафиолетовой части спектра могут быть осуществлены при помощи флуоресцирующих экранов, светящихся под действием ультрафиолетовых лучей.

Брумбергом и Гершгориним для наблюдения в ультрафиолетовых лучах было предложено следующее устройство (рис. XVII—8).

Зрительная труба снабжена зеркально-линзовым светосильным объективом с фокусным расстоянием $F = 15$ мм и относительным отверстием $1:0,7$. Объектив проектирует изображение исследуемого объекта на флуоресцирующий экран, возбуждающийся ультрафиолетовыми лучами с длиной волны от 365 мкм и короче. Изображение на экране рассматривается в микроскоп с увеличением в 10 раз, в результате чего наблюдатель видит прямое изображение объекта в масштабе $1:1$. Если применить многослойный экран, состоящий из нескольких слоев, светящихся разными цветами под действием ультрафиолетовых лучей различных длин волн, то наблюдатель видит в трубу цветное изображение, цвета которого характеризуют отражение и поглощение исследуемым предметом лучей различных областей ультрафиолетовой части спектра.

Упрощенный вариант указанного способа может быть легко осуществлен в криминалистической лаборатории при помощи схемы, показанной на рис. XVII—9. Исследуемый объект освещается концентрированным пучком ультрафиолетовых лучей, даваемым ртутно-кварцевой лампой сверхвысокого давления (СВДШ-250 или СВД-120).

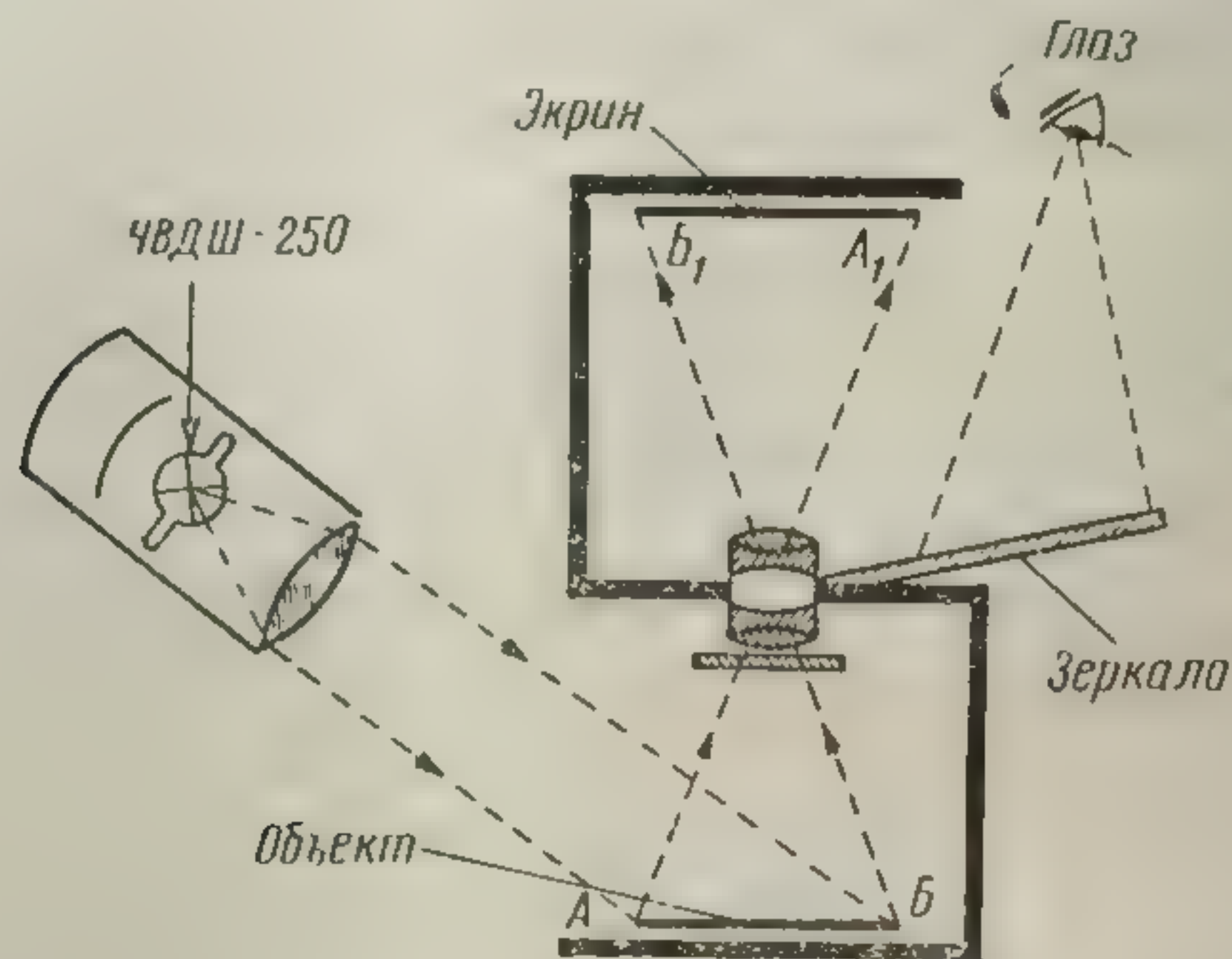


Рис. XVII—9. Визуальное наблюдение в ультрафиолетовых лучах

Изображение объекта при помощи объектива, перед которым установлен светофильтр, поглощающий видимые и пропускающий ультрафиолетовые лучи, проецируется на экран, флуоресцирующий под действием ультрафиолетовых лучей. Благодаря свечению экрана невидимое ультрафиолетовое изображение превращается в видимое.

Для исследования в длинноволновых ультрафиолетовых лучах (линия 365 мкм ртутного спектра) в качестве объектива и конденсора может быть использована обычная стеклянная оптика; объектив следует выбирать более светосильный (но не просветленный). В качестве экрана можно использовать флуоресцирующий экран, применяемый для рентгенографии, содержащий сульфиды цинка и кадмия. Перед объективом устанавливается светофильтр типа УФС-3. Объектив удобнее всего установить таким образом, чтобы изображение объекта на экране было либо в натуральную величину, либо с небольшим уменьшением.

В случае необходимости наблюдения в средневолновых ультрафиолетовых лучах (линия 313 мкм ртутного спектра) объектив и конденсорная линза должны быть изготовлены из материала, прозрачного для средневолновых ультрафиолетовых лучей (кварц, увиолевое стекло). Перед объективом устанавливаются фильтры УФС-2 и ЖС-3.

Люминесцентный преобразователь может быть использован в криминалистической практике при исследовании вытравленных документов, сравнительном исследовании материалов письма и иных случаях, в которых в настоящее время применяются отраженные ультрафиолетовые лучи.

Как показали Н. М. Зюскин и Н. М. Кочегура, для визуальных наблюдений в ультрафиолетовых лучах может быть использован электронно-оптический преобразователь конструкции Всесоюзного научно-исследовательского института криминалистики прокуратуры СССР. Качество изображения при этом получается более высокое, чем при использовании флуоресцирующих экранов.

Для освещения объекта используются ртутные лампы сверхвысокого давления. Для выделения различных участков ультрафиолетовой области спектра пользуются соответствующими фильтрами (см. стр. 392—393) в комбинации с фильтрами, поглощающими красные лучи. Обычный объектив при наблюдениях в ультрафиолете заменяется кварцевым. Хорошие результаты могут быть получены с простейшим объективом типа «Перископ», изготовленным из двух кварцевых линз. При работе с длинноволновым ультрафиолетом можно пользоваться обычным стеклянным объективом (Ортогос или Индустар-10).

г) Визуальная микроскопия в ультрафиолетовых лучах. Как указывает Брумберг, микроскопические исследования в ультрафиолетовых лучах обладают следующими преимуществами перед микроскопией в видимом свете:

1. С уменьшением длины волны света, применяемого для наблюдений, возрастает разрешающая способность микроскопа.

2. В ультрафиолетовой части спектра сосредоточены сильные полосы поглощения многих веществ, совершенно прозрачных в видимом свете.

Применение ультрафиолетовой микроскопии в криминалистике может оказаться полезным при исследовании стрихов, волокон пыли и тому подобных объектов.

Обычно применяемая при микроскопии аппаратура не пригодна для исследования в средне- и коротковолновых ультрафиолетовых лучах, так как стекло объективов и окуляров поглощает все лучи с длиной волны короче 360—380 мкм.

В настоящее время для микроскопических исследований в ультрафиолетовых лучах используется метод цветовой трансформации (см. гл. IX).

С помощью микроскопа, оптика которого прозрачна для ультрафиолетовых лучей и фильтров, выделяющих отдельные узкие участки ультрафиолетовой части спектра, производят последовательно три снимка исследуемого объекта в лучах с длиной волны 365 мкм, 313 мкм и 254 мкм.

Полученные снимки проектируются на одно место экрана тремя проекторами, перед каждым из которых установлен светофильтр, пропускающий один из трех основных цветов — красный, синий или зеленый. На экране получается цветная картина, окраска элементов которой определяется разницей в почернении соответствующих мест на снимках. Эта окраска, конечно, условная, но она связана с природой и химическим составом отдельных мест препарата и потому указывает на распределение различных веществ в исследуемом объекте.

По указанному принципу построен выпускавшийся нашей промышленностью микроскоп МУФ-2 для исследования в ультрафиолетовых лучах, к которому придавался хромоскоп для одновременного рассматривания всех трех полученных снимков.

В настоящее время для микроскопических исследований в ультрафиолетовых лучах выпускается микроскоп МУФ-3, в котором можно непосредственно наблюдать цветное изображение. Этот микроскоп, кроме того, может служить для флуоресцентной микроскопии.

В микроскопе МУФ-3 (рис. XVII—10) изображение исследуемого объекта, образованное в ультрафиолетовых и красных лучах, зеркально-линзовым объективом проектируется на двухслойный флуоресцирующий экран, состоящий из тонкого уранового стекла (толщиной 0,07 мм), приклеенного канадским бальзамом, со-

державшим эскулин, к обычному покровному стеклу, которое в данном случае является подложкой.

Урановое стекло возбуждается коротковолновыми ультрафиолетовыми лучами с длиной волны менее 280 мкм и флуоресцирует зеленым цветом. Канадский же бальзам с эскулином дает синюю флуоресценцию, возбуждаемую длинноволновыми ультрафиолетовыми лучами с длиной волны 400—280 мкм.

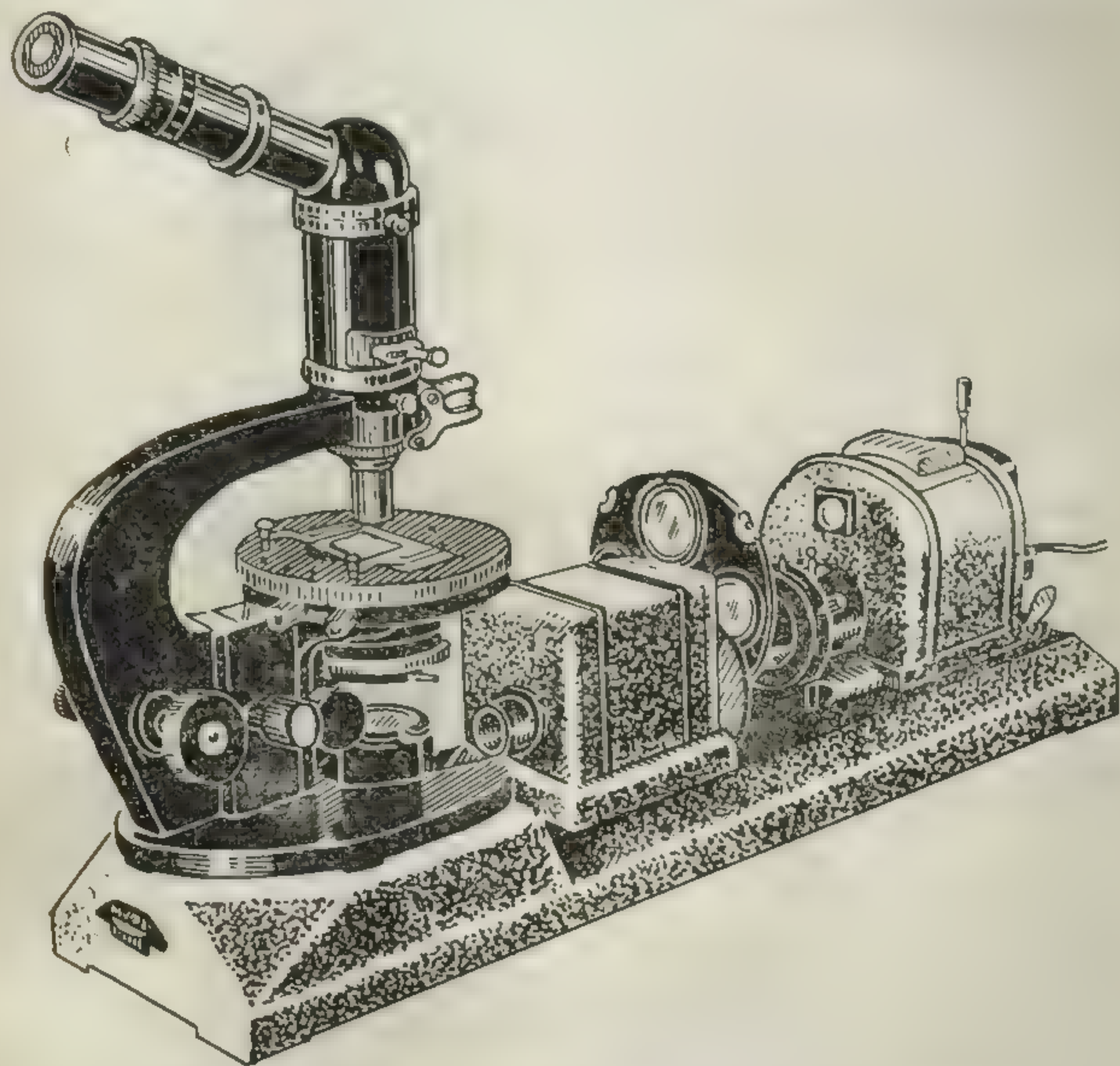


Рис. XVII—10. Ультрафиолетовый микроскоп

Цветное изображение, видимое в микроскоп, образуется из синего и зеленого свечения флуоресценции и видимого света — красных лучей, пропускаемых ультрафиолетовым фильтром.

Существенным недостатком микроскопа МУФ-3 является невозможность без некоторой переделки исследований в отраженном свете и при небольших увеличениях.

д) Спектрофотометрические измерения в ультрафиолетовых лучах. Спектрофотомет-

рические измерения применяются для изучения отража-
тельной способности в различных участках ультрафио-
летовой области спектра объектов, с которыми прихо-
дится сталкиваться в практике криминалистических
экспертиз. Полученные данные, с одной стороны, могут
быть использованы при сравнительном исследовании,
а с другой — выясняют те условия, при которых в том

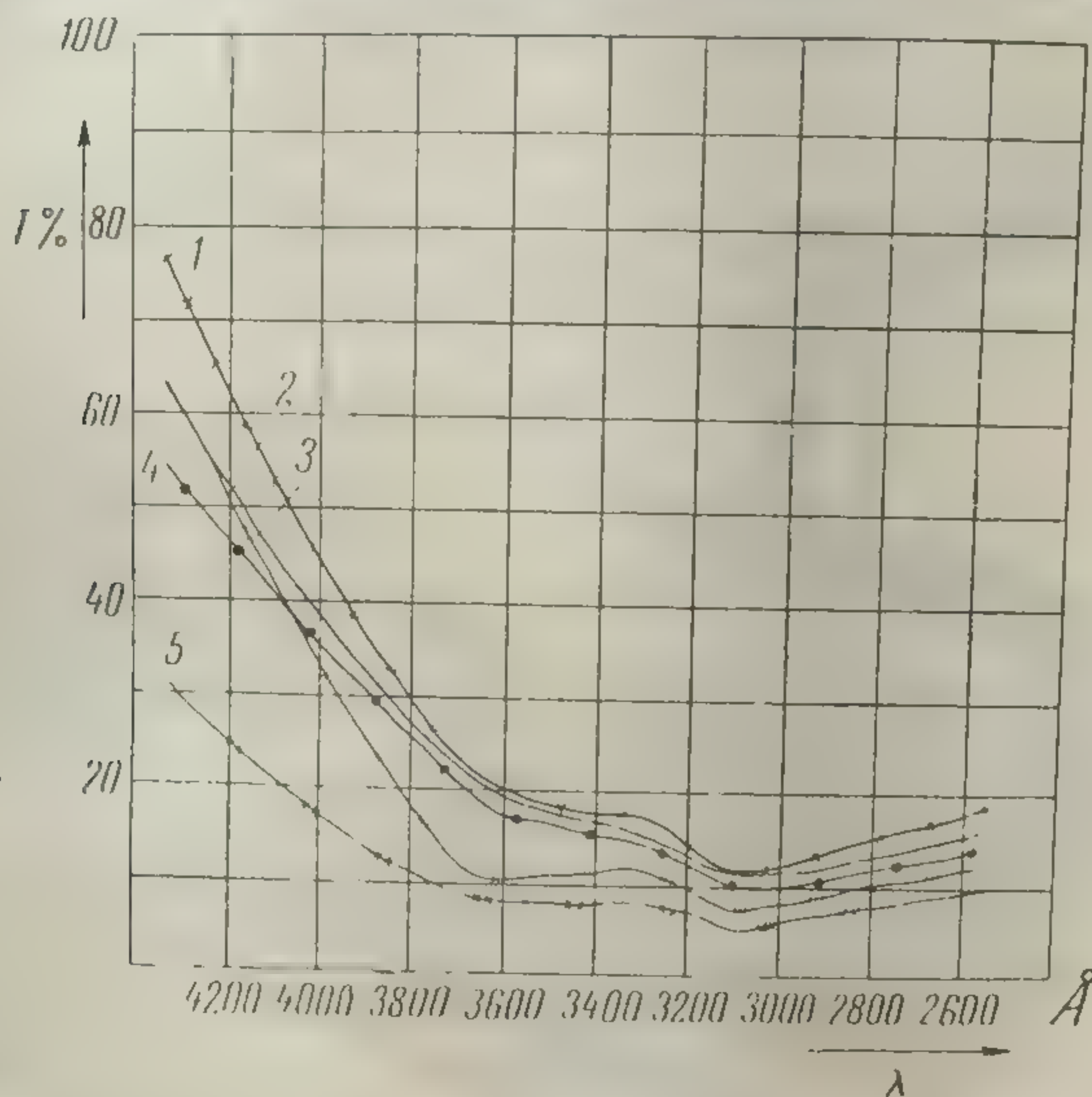


Рис. XVII—11. Кривые поглощения фиолетовых чернил
в ультрафиолетовой части спектра

1 — чернила «Культхим», 2 — чернила из карандаша
«Антей», 3 — раствор красителя кристалл-виолет, 4 — чер-
нила из карандаша «Светоч», 5 — чернила из каран-
даша «Сирокко»

или ином конкретном случае должно проводиться фото-
графирование объектов.

Техника подобных исследований такова: иссле-
дуемый документ или иной объект укрепляется на эк-
ране и освещается источником ультрафиолетовых лучей.
Зеркально-линзовый или кварцевый короткофокусный
объектив проектирует изображение интересующего нас
места объекта на щель спектрографа. При ширине
щели спектрографа в 0,2 мм и увеличении взятого объ-

ектива в 3—5 раз возможно получать спектрограммы штрихов, ширина которых равна 0,1 мм. Установленный перед щелью спектрографа вращающийся сенситометрический диск с вырезами позволяет одновременно получить ряд спектрограмм с последовательно изменяющимися экспозициями.

Спектрограммы получают на диапозитивной или фототехнической пленке и после проявления в стандартных условиях промеряются на фотоэлектрическом денситометре.

Аналогичным образом снимаются и промеряются спектрограммы эталона — белой пластинки, покрытой окисью магния, равномерно отражающей лучи различных участков спектра.

После измерения оптических плотностей спектрограмм эталонов строятся кривые почернения пленки для различных длин волн. Пользуясь этими кривыми, можно путем сравнения их с данными промеров спектрограмм исследуемого объекта определить отражательную способность объекта в различных участках ультрафиолетовой области спектра. На рис. XVII—11 приведены полученные таким путем кривые спектрального отражения для восьми различных образцов фиолетовых чернил, нанесенных на бумагу «писчая № 2». Во всех случаях чернила были взяты такой концентрации, чтобы визуальное различие между ними было бы минимальным. Полученные результаты показывают, что для некоторых чернил различия в отражении ультрафиолетовых лучей достаточно хорошо выражены, чтобы можно было этим воспользоваться для целей установления их групповой принадлежности.

§ 6. Применение ультрафиолетовых лучей при криминалистическом исследовании вещественных доказательств

Для рационального применения ультрафиолетовых лучей при исследовании документов необходимо знать, как поглощаются и отражаются эти лучи материалами, применяемыми для изготовления документов.

Отдельные образцы белой писчей бумаги обнаруживают значительное разнообразие в отношении отра-

жения лучей ультрафиолетовой части спектра; различие это заметно выступает уже в длинноволновых лучах ($\lambda = 365$ мкм) и особенно четко выражено в области длин волн короче 334 мкм. Коротковолновой границей отражения является 238—248 мкм; лучи с меньшей длиной волны почти полностью поглощаются всеми образцами бумаги.

Сорта бумаги, содержащие древесную массу (писчая № 2 и № 3), как правило, значительно сильнее поглощают ультрафиолетовые лучи, особенно коротковолновые, чем сорта бумаги, содержащие только беленую целлюлозу (писчая № 1), а также содержащие наряду с белой целлюлозой также и тряпичную полумассу (писчая № 0, чертежные бумаги).

Образцы бумаги одинакового состава по волокну, но разного изготовления мало отличаются друг от друга в отношении отражения ультрафиолетовых лучей.

Большинство сортов картона сильнее поглощает ультрафиолетовые лучи, чем бумага.

Тонкая белая прозрачная калька (в отличие от пергаментной бумаги) в значительной степени прозрачна для длинно- и средневолновых ультрафиолетовых лучей.

На характер отражения ультрафиолетовых лучей чернилами значительное влияние оказывают свойства бумаги, на которую эти штрихи нанесены. Так, чернильные штрихи, нанесенные на бумагу, содержащую древесную массу, значительно хуже отражают ультрафиолетовые лучи (коротко- и средневолновые), чем чернильные штрихи, нанесенные на бумагу, состоящую из 100%-ной белой целлюлозы. Это чрезвычайно затрудняет сравнительное исследование в ультрафиолетовых лучах чернильных штрихов, нанесенных на бумагу различного состава.

Сравнительное исследование чернил одного и того же цвета (например фиолетовых), но различного изготовления показало, что в ряде случаев можно наблюдать существенное различие между отдельными образцами. Это иллюстрируют спектральные кривые отражения, приведенные на рис. XVII—11. Это дает основание пользоваться исследованием в ультрафиолетовых лучах для установления различия в чернилах.

Ряд веществ, применяемых для вытравливания чернильных штрихов, как например, гипохлорит кальция

и др., действуя на бумагу, повышают ее отражательную способность в области коротковолнового ультрафиолета. Благодаря этому места, подвергавшиеся травлению, незаметные глазом, в ряде случаев отчетливо бывают видны на фотоснимках в ультрафиолетовых лучах.

Графит карандашных штрихов хорошо отражает ультрафиолетовые лучи, особенно коротковолновые; в области 254 мкм — сильнее, чем бумага, содержащая примесь древесной массы.

Штрихи, проведенные цветными карандашами различных цветов, но изготовленными на одном заводе, часто мало отличаются друг от друга в отношении отражения ими ультрафиолетовых лучей. В то же время отмечалось различие между штрихами, проведенными карандашами одного цвета, но изготовленными на разных фабриках, по-видимому, объясняемое свойствами наполнителей (глина, каолин и т. п.), примененных при изготовлении пишущих стержней этих карандашей.

Штрихи, исполненные через копировальную бумагу, в отличие от карандашных в одинаковой степени отражают лучи различных участков ультрафиолетовой области спектра. На этом основано применение коротковолновых ультрафиолетовых лучей для установления различия карандашных штрихов от штрихов копировальной бумаги.

Имеющиеся данные позволяют наметить следующие возможности применения ультрафиолетовых лучей при экспертизе документов:

1. Обнаружение следов травления и выявление вытравленных текстов.

Лучше всего в данном случае применять фотографирование в средне- и коротковолновых ультрафиолетовых лучах, хотя иногда хорошие результаты могут быть получены и в длинноволновых (365 мкм) лучах. Нередко при подобных исследованиях можно не только выявить места, подвергавшиеся травлению, но и первоначально написанный текст в виде темных штрихов на более светлом фоне.

По данным Эйсмана, при исследовании записи, произведенной синим карандашом и затем смытой, по флуоресценции можно было только проследить конфигурацию штрихов. На снимке же в ультрафиолетовых лучах легко можно было прочесть смытый текст.

На рис. XVII—12 приведены фотоснимки в видимых и ультрафиолетовых лучах документа с вытравленным текстом. На снимке в ультрафиолетовых лучах виден



Рис. XVII—12. Документ с вытравленным текстом:
а — снимок в видимых, б — снимок в ультрафиолетовых лучах

не только имеющийся в настоящее время, но и первоначальный текст.

2. Большое количество органических веществ имеет полосы поглощения в области ультрафиолетовых лучей, особенно средне- и коротковолновых. Благодаря этому фотографированием в ультрафиолетовых лучах можно воспользоваться для выявления невидимых текстов, исполненных растворами этих веществ. Лучшие результаты дает фотографирование в средне- и коротковолновых ультрафиолетовых лучах.

3. Ультрафиолетовые лучи могут быть использованы для установления различия в материалах, применяемых для изготовления документов, как, например, в чернилах, бумаге и т. д.

При исследовании картины требовалось установить, не была ли часть надписи «Andrzej Nartow» дописана впоследствии иными белилами (рис. XVII—13а). Так как разница между отдельными видами белил (например, цинковыми и свинцовыми) резко выражена в ультрафиолетовых лучах, то был произведен фотоснимок в лучах ближней ультрафиолетовой части спектра (обычный фотообъектив и фильтр УФС-3). На фотоснимке (рис. XVII—13б) часть надписи, а именно та, которая была исполнена цинковыми белилами, не видна, а видна только первоначальная надпись, произведенная свинцовыми белилами.

При установлении факта дописки в тексте, произведенной иными чернилами, хорошие результаты (в случае фиолетовых чернил) могут быть получены при использовании цветной фотографии в ультрафиолетовых лучах (см. выше).

4. Благодаря высокой отражательной способности графита в коротко- и средневолновых ультрафиолетовых лучах, фотографией в этих лучах можно воспользоваться для установления хронологической последовательности нанесения пересекающихся штрихов графитного карандаша с чернильными, копировальной бумаги и другими, а также для различия штрихов карандаша от штрихов копировальной бумаги.

Для этой цели удобнее всего воспользоваться короткофокусным ($F = 5-10$ см) кварцевым объективом или простой кварцевой линзой при вертикальном освещении объекта с помощью опак-иллюминатора. Хорошие

результаты дает применение упрощенного опак-иллюминатора, состоящего из кварцевой плоскопараллельной пластинки, установленной перед объективом под углом в 45° к его оптической оси.

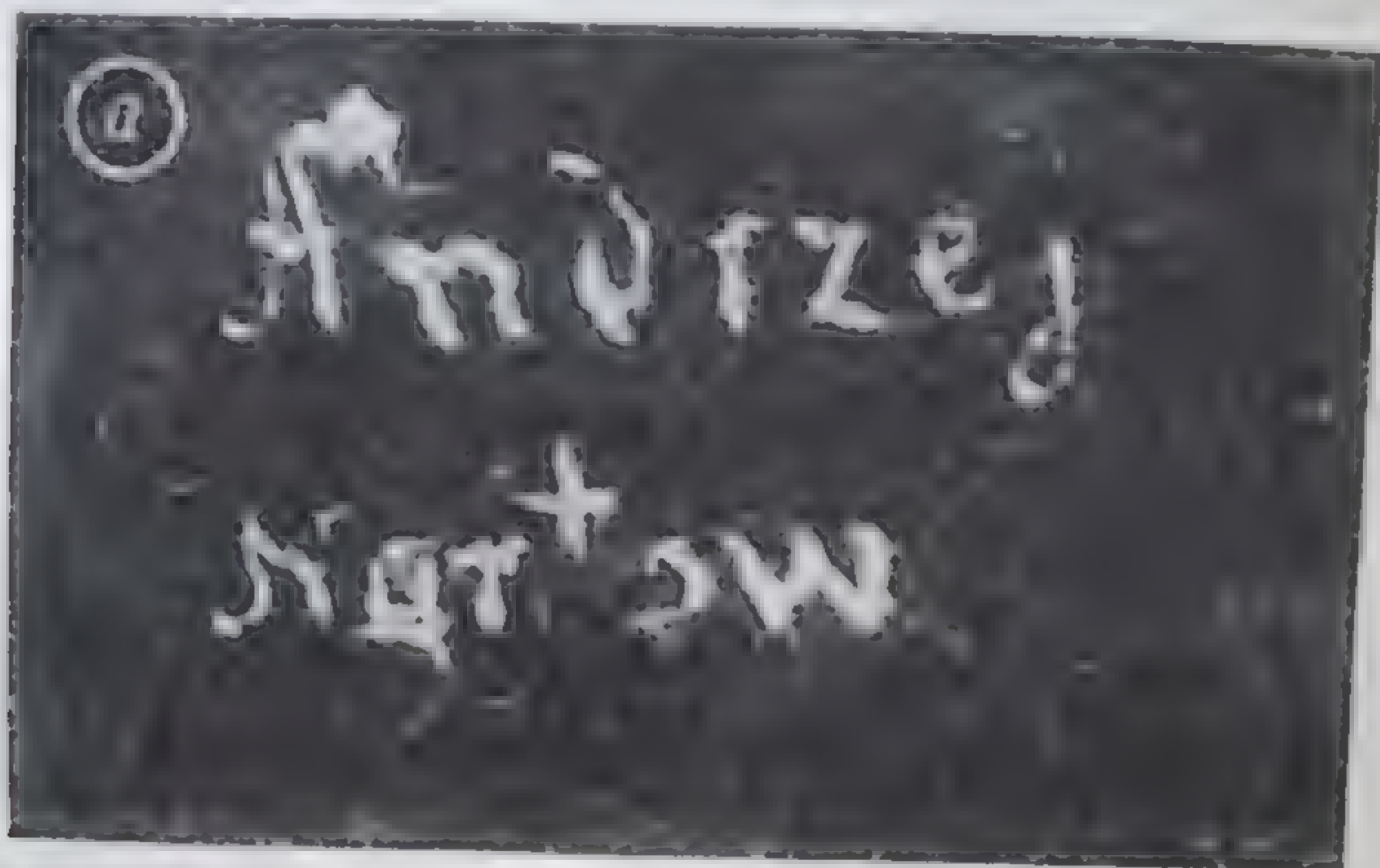


Рис. XVII—13. Надпись на картине:

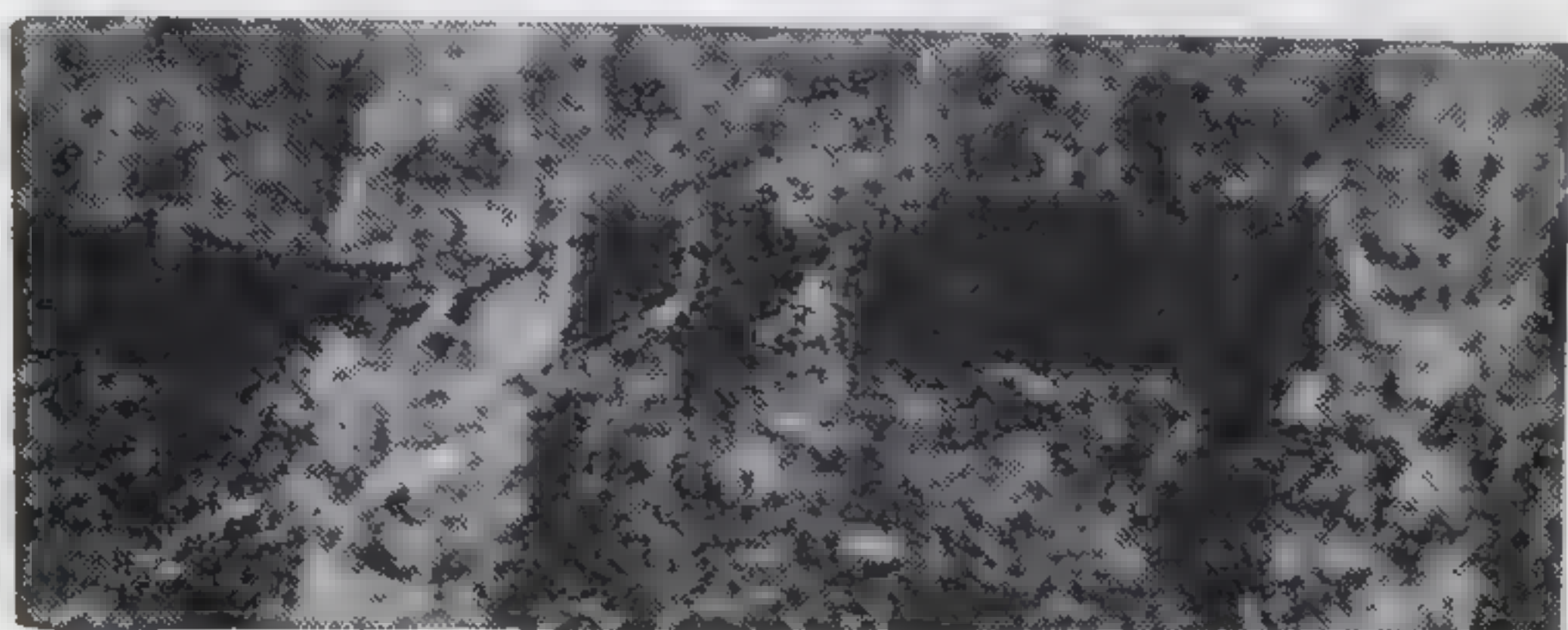
a — снимок в видимых, *б* — снимок в ультрафиолетовых лучах

Ультрафиолетовые лучи от точечного источника при помощи кварцевой линзы направляются на кварцевую пластинку. Отраженные от пластинки лучи попадают на исследуемый объект. Перед объективом фотоаппарата

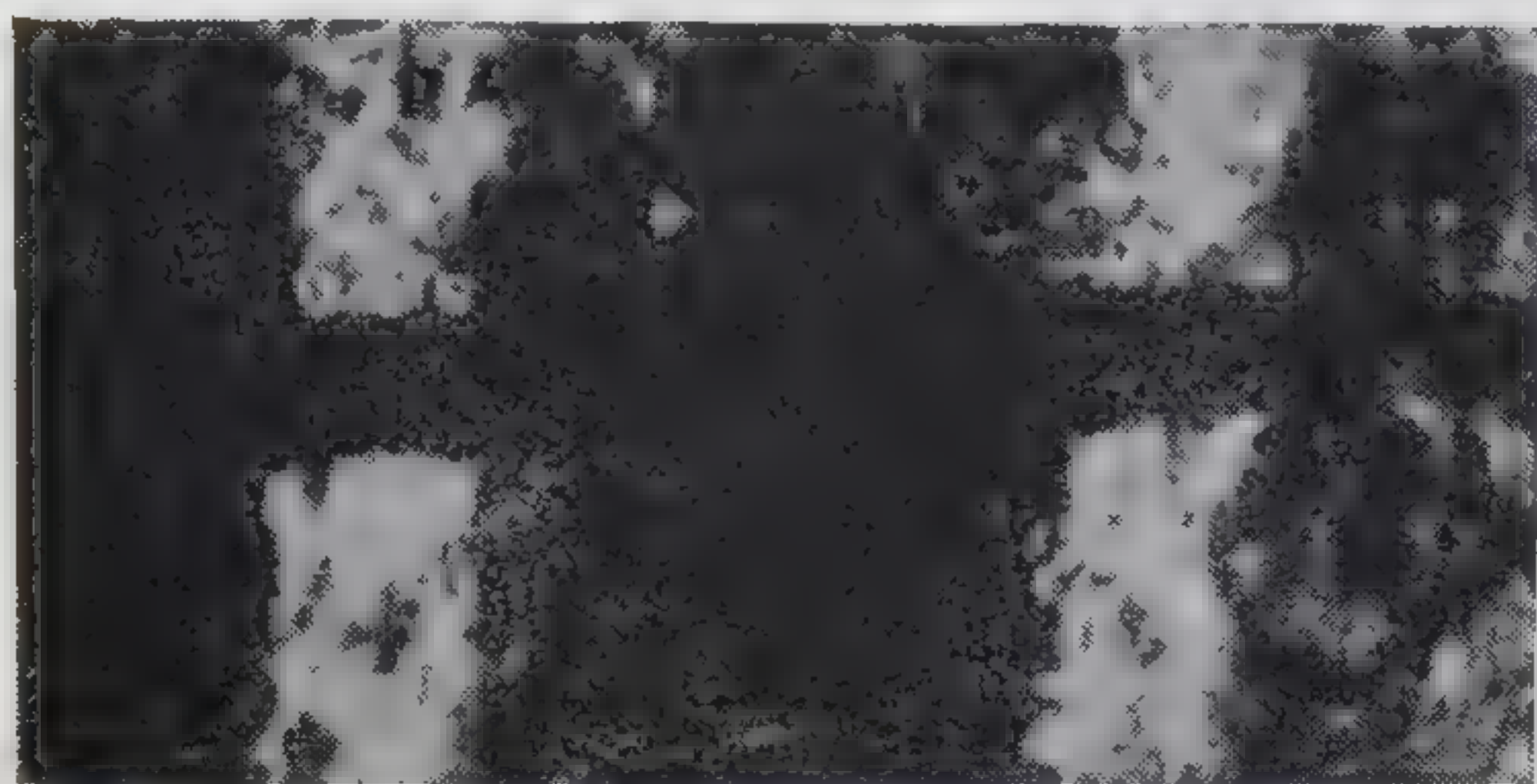
устанавливается фильтр, пропускающий только средние и коротковолновые ультрафиолетовые лучи.

Для правильной установки света можно рекомендовать следующий прием. На месте исследуемого объекта устанавливается зеркало. При правильной установке мы должны увидеть (в видимых лучах) изображение источника излучения, а также объектива фотоаппарата в центре матового стекла. Центрировка системы и наводка на резкость производятся без светофильтра.

На описанной установке можно производить иссле-



a



б

Рис. XVII—14. Перекрещивающиеся штрихи, снятые в ультрафиолетовых лучах (увеличение $10\times$):

a — карандашный штрих проведен позже чернильного,
б — чернильный штрих проведен позже карандашного

дование мест пересечения карандашных штрихов, проведенных графитным карандашом, со штрихами, проведенными чернилами, карандашами, не содержащими графита, и с оттисками штампов и печатей, а также со шрифтом пишущей машины. Во всех случаях штрих графитного карандаша на снимке получается значительно более светлым, чем бумага, на которой этот штрих проведен. Загрязнения, попавшие на штрих (чер-

нила), поглощают ультрафиолетовые лучи, вследствие чего штрих в этом месте получается темным.

Если штрих графитного карандаша был проведен позже, то он будет представляться в виде непрерывной светлой полосы (рис. XVII—14а), если же раньше, то в месте пересечения белая линия будет пересекаться темной линией позже проведенного штриха (рис. XVII—14б).

Этим методом можно воспользоваться для отличия карандашного (графитного) штриха от штриха, исполненного через копировальную бумагу, штрих, проведенный через копировальную бумагу, на подобных снимках получается темным.

Необходимым условием успешности исследования является чистая, незамазанная и неизмятая поверхность документа в месте пересечения штрихов и правильная установка света; на полученном снимке карандашный штрих должен иметь вид черты, проведенной мелом.

5. Кроме исследования документов, ультрафиолетовые лучи могут быть использованы и в иных случаях исследования вещественных доказательств. Сюда относятся выявление различных пятен и следов на текстильных тканях, установление различия между текстильными тканями, визуально одинаковыми, исследования с целью установления групповой принадлежности стекла по отношению его к пропусканию и поглощению ультрафиолетовых лучей и в других случаях.

ЛИТЕРАТУРА

- Н. М. Ливенцев, Электро-медицинская аппаратура, М., 1955.
Н. А. Капцов и Д. А. Гоухберг, «Проблемы физической оптики», сб. статей памяти С. И. Вавилова, М—Л., 1951.
М. М. Гуревич и В. Г. Самсонова, Проблемы физиологической оптики, т. 2, М—Л., 1944.
А. Мейер и Э. Зейтц, Ультрафиолетовое излучение, М., 1952.
M. Deribère, Les applications pratiques des rayons ultraviolets, Paris. Dinod 1947.
Н. И. Пинегин, Проблемы физиологической оптики, т. 2, М—Л., 1944.
А. Г. Ащеулов и З. Л. Моргенштерн, — «Оптико-механическая промышленность», 1941 г., вып. 11, № 1, 3.
Е. Ю. Брайчевская, Криминалистика и научно-судебная экспертиза, М., 1950

Е.
серия)
Е.
1946, с
Я.
ние, «
ПРК-2
А.
серия с
Р.
1951, т.
Е.
наук С
З.
источни
А.
Д.
техниче
В.
1943, №
Т. П
гиз, 1956
Н. П
Е. Б. Г
1949.
Б. Р
эксперти
Под
гиз, 1958.

Е. М. Брумберг, «Доклады Академии наук СССР (новая серия)», т. 25, 1939, стр. 173.

Е. М. Брумберг, «Доклады Академии наук СССР», т. 52, 1946, стр. 503.

Я. Э. Нейштадт, Бактерицидное ультрафиолетовое излучение, Медгиз, 1955.

«Инструкция по эксплуатации ртутно-кварцевых ламп типа ПРК-2, ПРК-4, ПРК-5, ПРК-7 и ПРК-8», 1954.

А. А. Бундель, Б. И. Вайнберг, «Известия АН СССР, серия физическая», 1951, т. 15, № 6, стр. 815.

Р. А. Нилендер, «Известия АН СССР, серия физическая», 1951, т. 15, № 6, стр. 804.

Е. И. Брумберг и С. А. Гершгорин, «Доклады Академии наук СССР», т. 19, 1949, № 6, стр. 801.

З. С. Вознесенская и В. М. Скобелев, Электрические источники света, Госэнергоиздат, 1957.

А. Ильина, Успехи физических наук, т. 37, 1949, № 3, 395.

Д. Н. Лазарев и Е. М. Брумберг, «Сборник трудов по технической физике», М., 1948, стр. 21.

В. В. Зелинский, «Доклады Академии наук СССР», т. 10, 1943, № 6, стр. 248.

Т. П. Соколова, В сборнике «Вопросы микроскопии», Машгиз, 1956.

Н. В. Терзиев, А. А. Эйсман, Б. Р. Киричинский, Е. Б. Геркен, «Физические исследования в криминалистике», М., 1949.

Б. Р. Киричинский, «Криминалистика и научно-судебная экспертиза», Сб. 2, Киев, 1948, стр. 35—53.

Под ред. Франка Г. М. — «Ультрафиолетовое излучение», Медгиз, 1958.

Глава XVIII

ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЙ АНАЛИЗ

§ 1. Природа и основные закономерности явления фотолюминесценции

Многие тела обладают свойством под действием различных причин (свет, рентгеновские лучи, катодные лучи, трение и др.) светиться уже при обычной и даже при очень низкой температуре. Это свечение называется люминесценцией и его следует отличать от теплового свечения тел, нагретых до высокой температуры (например, пламя свечи или нить электрической лампочки). Люминесцировать тела могут различными цветами, причем цвет люминесценции не зависит от цвета тела при обычном освещении.

По определению С. И. Вавилова, «Люминесценцией называется избыток свечения тела над тепловым излучением того же тела в данной спектральной области и при данной температуре, если притом этот избыток имеет конечную длительность свечения, т. е. не прекращается сразу после устранения вызвавшей его причины».

Наибольшее значение при криминалистических исследованиях имеет фотолюминесценция, т. е. люминесценция, вызванная как видимым светом, так и ультрафиолетовыми лучами.

а) Природа явления фотолюминесценции. В основе современного учения о свете и, в частности, в основе учения о люминесценции лежит представление о квантовой природе света. Согласно квантовой теории поглощение и испускание света различными те-

лами происходит не непрерывно, а отдельными порциями — квантами или фотонами. Кванты излучений различной длины волны отличаются по своей величине, а именно — чем меньше длина волны (и, следовательно, чем больше частота колебаний), тем больше величина кванта, соответствующая данному виду излучения. Так, величина квантов фиолетового света больше, чем квантов красного света; еще больше величина кванта ультрафиолетовых лучей. Большая химическая активность ультрафиолетовых лучей по сравнению с видимым светом и объясняется большей величиной кванта этих лучей.

При поглощении веществом квантов видимого света или ультрафиолетовых лучей атом и молекула приходят в возбужденное состояние вследствие того, что один из периферических (т. е. наиболее удаленных от ядра) электронов удаляется от ядра. При этом энергия атома возрастает на величину поглощенного кванта.

Атом, как правило, не может долгое время оставаться возбужденным и вскоре, отдав избыток энергии, возвращается в свое нормальное состояние.

Отдача атомом приобретенной в результате поглощения света энергии может происходить различными способами:

1. В ряде веществ поглощенная энергия вызывает фотохимические реакции, в результате которых световая энергия переходит в энергию химическую.

2. В других веществах поглощенная энергия света идет на увеличение скорости движения молекул тела — в данном случае имеет место превращение световой энергии в тепловую; тело нагревается.

3. Наконец, встречаются такие вещества, у которых поглощенная световая энергия отдается также в виде световой энергии; в этом случае мы имеем дело с явлением фотолюминесценции. Электрон, возвращаясь на свое место, отдает полученную им энергию в виде кванта светового излучения — фотона. В зависимости от длительности этого процесса мы различаем два вида люминесценции — флуоресценцию и фосфоресценцию.

В тех случаях, когда электрон немедленно (в течение каких-либо миллионных долей секунды) возвращается на свое место, мы имеем дело с флуоресценцией. Характерной особенностью этого процесса является то,

что он прекращается практически тотчас же после прекращения действия возбуждающего света.

В некоторых телах электрон, удаленный со своего места в атоме, попадает на так называемый метастабильный уровень, на котором он может находиться довольно продолжительное время. В этих случаях электрон может вернуться на свое место через несколько минут, а иногда даже часов и дней. Такой процесс, продолжающийся более или менее длительное время после прекращения действия возбуждающего света, называется фосфоресценцией.

Люминесценция может быть вызвана не только действием видимого света или ультрафиолетовых лучей, но и другими факторами. Так, известна рентгенолюминесценция, вызванная действием рентгеновских лучей. Люминесценция, вызванная потоком быстро летящих электронов, называется катодолюминесценцией — она является причиной свечения экранов телевизоров и катодных осциллографов. Некоторые вещества, как, например, фосфор, светятся в результате химических реакций; это свечение называется хемилюминесценцией. Известны также триболюминесценция (люминесценция трения или раскалывания), которую можно наблюдать, например, раскалывая в темноте кусок сахара, и другие виды люминесценции.

При криминалистических исследованиях широкое применение нашли себе различные виды фотолюминесценции и, пока еще в слабой степени катодолюминесценции, рентгенолюминесценции и хемилюминесценция. Фотолюминесценция может быть вызвана как ультрафиолетовыми лучами, так и видимым светом. В зависимости от спектрального состава люминесцентного свечения люминесценция может быть видимой, инфракрасной и ультрафиолетовой.

б) Основные закономерности фотолюминесценции. Для правильного использования явления фотолюминесценции при криминалистическом исследовании вещественных доказательств необходимо ознакомиться с основными закономерностями, управляющими этим явлением, а именно:

1. Спектр флуоресценции растворов, по сравнению со спектром поглощения, смещен в сторону больших длин

волн, т. е. к красному концу спектра (см. рис. XVIII—1). Это положение известно под именем закона Стокса. Из него следует, что вещества, возбуждаемые ультрафиолетовыми лучами, могут люминесцировать любым цветом; возбужденные синим светом — зеленым, желтым, оранжевым, красным, но не фиолетовым цветом. При использовании для возбуждения люминесценции желто-зеленого света — только оранжевым, красным и инфракрасным

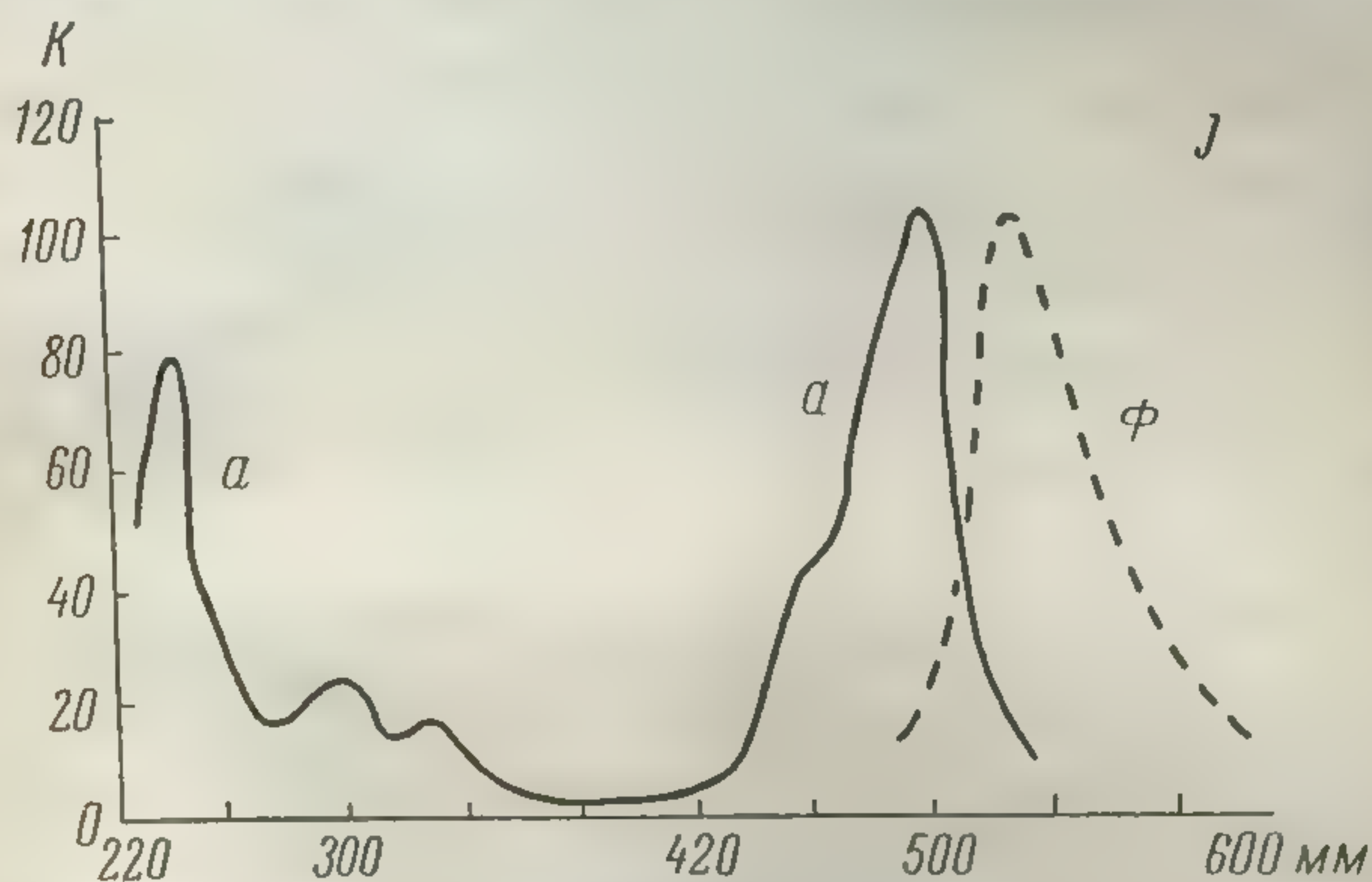


Рис. XVIII—1. Спектр флуоресценции смещен в сторону больших длин волн:

a — спектр поглощения, ϕ — спектр флуоресценции

и т. д., т. е. квант, излучаемый флуоресцирующим веществом, может быть или меньше или равен кванту возбуждающего света (но не больше его).

2. Интенсивность люминесценции в сильной степени зависит от концентрации вещества. При очень малых концентрациях, с увеличением концентрации интенсивность люминесценции возрастает до определенного значения, после чего начинает уменьшаться. Вследствие этого повышенные концентрации вещества невыгодны для наблюдения люминесценции.

В случае растворов красителей оптимальными для наблюдения являются концентрации порядка 10^{-3} — 10^{-5} г/мл.

3. Целый ряд веществ (йодистый калий, хлористый натрий, сернокислая медь и многие другие) обла-

дают свойством гасить люминесценцию, в частности, растворов красителей. Это явление используется в люминесцентном анализе.

4. Добавление к веществу примесей, обладающих собственной люминесценцией, может изменить и цвет и интенсивность люминесценции этого вещества.

5. Органическая молекула и ее ион, как правило, обладают различной люминесценцией. Поэтому при изучении люминесценции красителей и иных веществ необходимо обращать внимание на pH среды.

в) Люминесцентный анализ. Люминесцентным анализом называются методы исследования, основанные на наблюдении люминесценции вещества.

К числу ценных для криминалистики качеств люминесцентного анализа следует отнести:

1. Высокую чувствительность метода; в некоторых случаях этот метод позволяет выявить вещество в концентрациях 10^{-10} — 10^{-11} г/мл.

2. Простоту и быстроту исследований.

3. То, что в большинстве случаев объект исследования остается неповрежденным.

Недостатком метода является значительная зависимость люминесценции объектов от различного рода внешних факторов, которые не всегда могут быть учтены при исследовании. Например, люминесценция бумаги может в сильной степени измениться, если эта бумага предварительно подверглась облучению солнечными лучами и т. п. Это заставляет осторожно относиться к использованию люминесцентного анализа при установлении групповой принадлежности тех или иных объектов.

Люминесцентный анализ принадлежит к числу наиболее старых и наиболее распространенных методов исследования вещественных доказательств. Первые опыты по применению люминесцентного анализа к исследованию документов относятся к 1912—1914 гг. В настоящее время люминесцентный анализ применяется при исследовании вытравленных текстов, для обнаружения невидимых следов, при сравнительных исследованиях разнообразнейших материалов, для обнаружения следов крови, спермы и других веществ на одежде и различных предметах, обнаружения следов смазки в области пулевого отверстия и в ряде иных случаев.

§ 2. В
а) На
вызван
лучей.
объектов
чей, необх
1. Исто
2. Фил
глошающе

Ри

Для це
пользован
описанные
В боль
ного анал
сокого да
нако, не
центриров
ствие бол
шие резул
сверхвысо
верхность
Примен
даже из
концентри
шой мощн
пучка прив
минесценци

§ 2. Визуальное наблюдение фотолюминесценции

а) Наблюдение люминесценции объектов, вызванной действием ультрафиолетовых лучей. Для простейших наблюдений люминесценции объектов, вызванной действием ультрафиолетовых лучей, необходимо оборудование, состоящее из:

1. Источника ультрафиолетовых лучей.
2. Фильтра, пропускающего ультрафиолетовые и поглощающего видимые лучи.

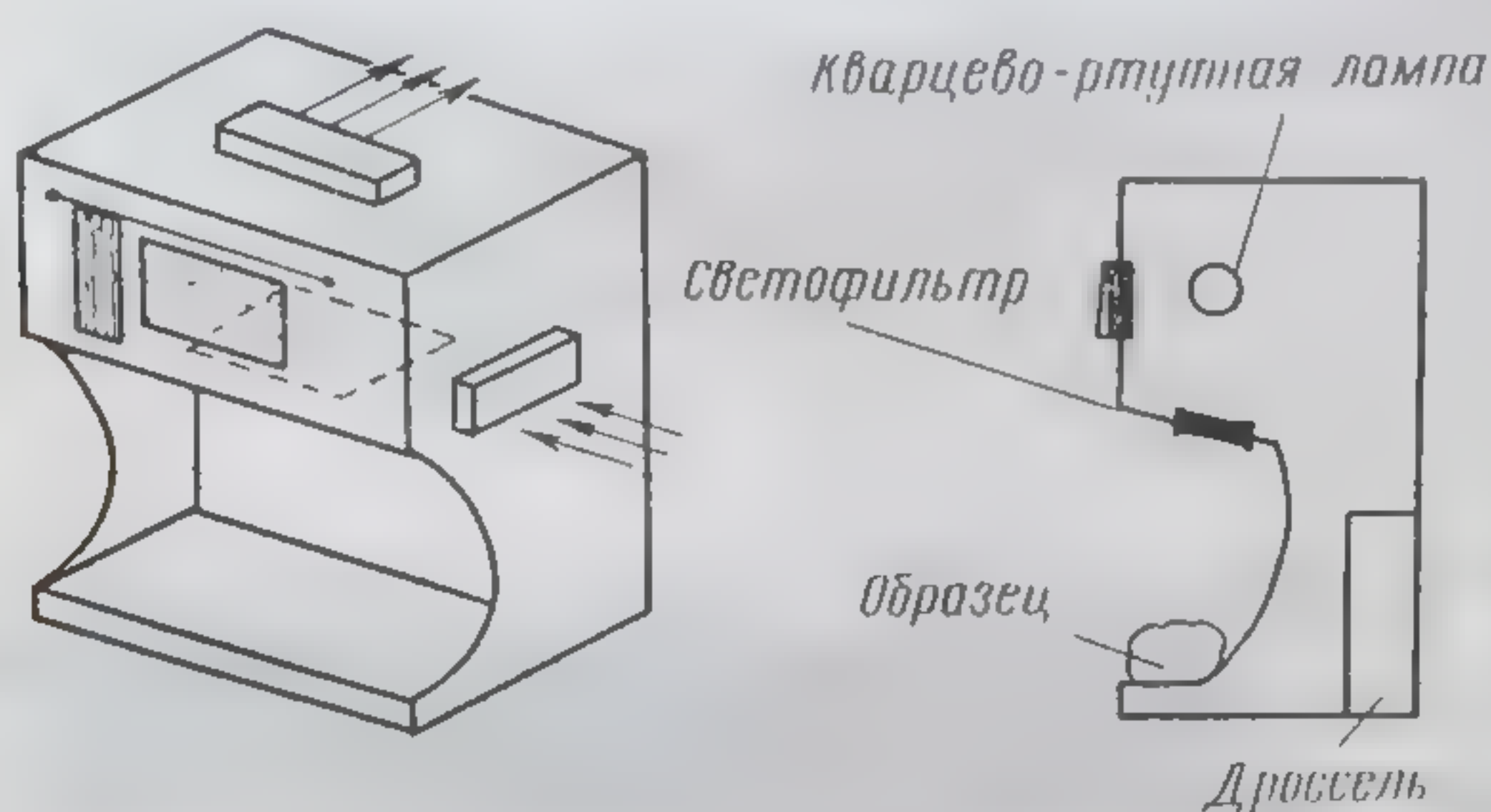


Рис. XVIII—2. Простая схема установки для наблюдения люминесценции

Для целей люминесцентного анализа могут быть использованы источники ультрафиолетового излучения, описанные в главе XVII.

В большинстве лабораторий для целей люминесцентного анализа используются ртутно-кварцевые лампы высокого давления типа ПРК-2 и ПРК-4. Лампы эти, однако, не позволяют получить достаточно мощный, концентрированный пучок ультрафиолетовых лучей вследствие больших размеров светящейся поверхности. Лучшие результаты дает применение ртутно-кварцевых ламп сверхвысокого давления, в которых светящаяся поверхность по своим размерам приближается к точке.

Применяя эти лампы с конденсором, изготовленным даже из обычных стеклянных линз, можно получить концентрированный пучок ультрафиолетовых лучей большой мощности. Высокая интенсивность возбуждающего пучка приводит к значительному повышению яркости люминесценции; при этом можно наблюдать люминесценцию

даже таких объектов, которые при обычных условиях возбуждения представляются нелюминесцирующими.

Простая схема установки для наблюдения люминесценции представлена на рис. XVIII—2.

В качестве светофильтра для выделения ультрафиолетовых лучей применяется одно из стекол типа УФС-1, УФС-2, УФС-3 или УФС-4, области пропускания которых приведены в таблице:

Марка фильтра	Выделяемая область
УФС-1	2400—4000 А°
УФС-2	2700—3800 »
УФС-3, УФС-4	3200—3900 »

Обычно применяемая толщина фильтров 3—5 мм; размеры 8 × 8 см. Наиболее часто применяется фильтр УФС-4, выделяющий длинноволновой ультрафиолет и являющийся термоустойчивым. В некоторых случаях, одна-

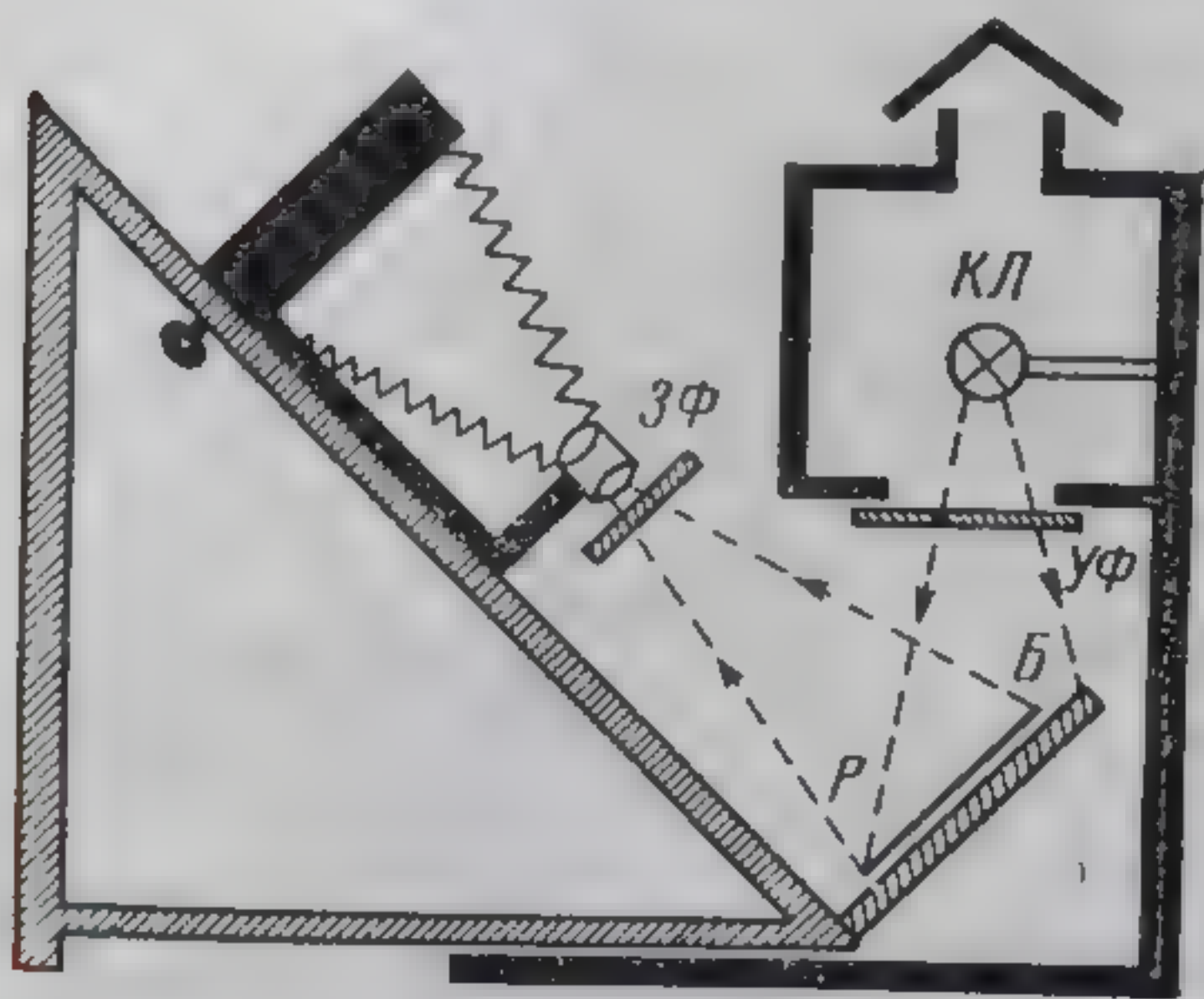


Рис. XVIII—3. Приставка для фотографирования люминесценции:
 КЛ — ртутно-кварцевая лампа,
 УФ — ультрафиолетовый фильтр,
 РБ — исследуемый объект,
 ЗФ — фильтр, поглощающий ультрафиолетовые лучи

ко, энергия кванта длинноволновых ультрафиолетовых лучей может быть недостаточна для возбуждения люминесценции. Тогда применяют фильтр УФС-2. Так, например, некоторые образцы бумаги и стекол, не обнаруживающие заметной люминесценции при освещении их длинноволновыми ультрафиолетовыми лучами (линия ртути 365 мкм), обнаруживают интенсивную флуоресценцию при освещении их более коротковолновым излучением.

Специальная приставка (рис. XVIII—3) позволяет фотографировать наблюдаемую картину.

б) Люминоскопы. Одним из способов расширения возможностей люминесцентного анализа является применение приборов-люминоскопов, позволяющих раздельно наблюдать как флуоресценцию, так и фосфоресценцию объектов.

К фосфоресценции принято относить свечение, продолжительность которого превышает 0,01—0,1 сек. после прекращения действия возбуждающего света.

Целый ряд объектов криминалистического исследования обладает фосфоресценцией, отличающейся как по цвету, так и по интенсивности от флуоресценции. Так, нередко два образца бумаги, одинакового внешнего вида и обладающие одинаковой флуоресценцией, можно

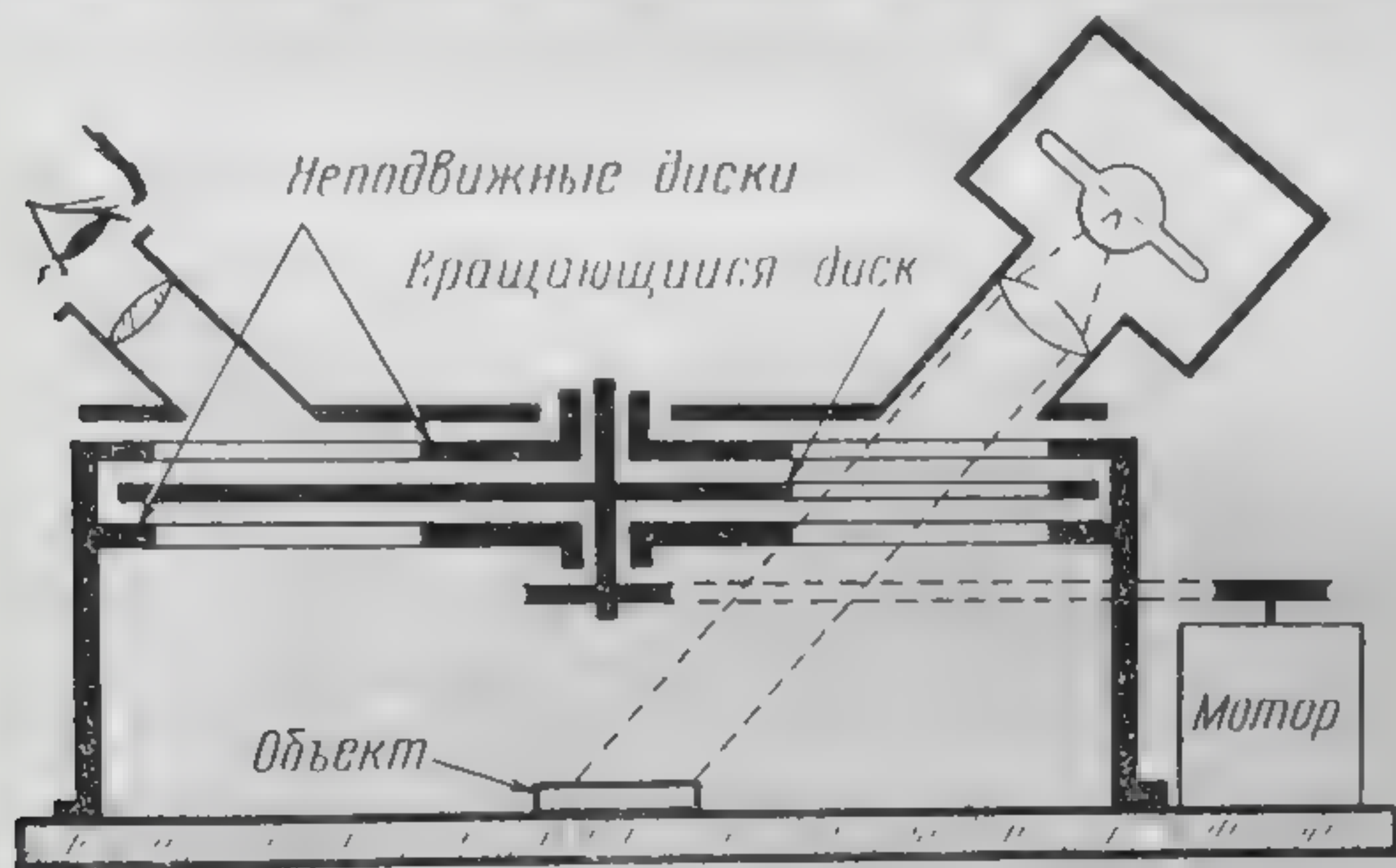


Рис. XVIII—4. Люминоскоп. Схема и относительное расположение вырезов

различить друг от друга по их фосфоресценции. К объектам, фосфоресценцию которых целесообразно исследовать, относятся также стекло, текстильные ткани, клей, штрихи, проведенные цветными карандашами, и др.

Основной частью упрощенного люминоскопа, позволяющего наблюдать наряду с флуоресценцией объектов также и их фосфоресценцию, является расположенный между двумя неподвижными дисками вращающийся диск с тремя вырезами, сдвинутыми друг относительно друга на 120° ; угловой размер выреза 30° . Диск приводится во вращение при помощи небольшого моторчика вентиляторного типа.

Схема прибора и расположение вырезов в диске показаны на рис. XVIII—4.

Наблюдение объекта производится со стороны, противоположной источнику ультрафиолетовых лучей, через смотровые окна, имеющиеся в неподвижных дисках.

Относительное расположение источника лучей, смотрового окна и вырезов в диске таково, что наблюдатель видит объект только в то время, когда вращающийся диск закрывает отверстия, через которые объект освещается ультрафиолетовыми лучами. Наоборот, в то время, когда объект освещен ультрафиолетовыми лучами, смотровое окно закрыто и наблюдатель его не видит.

При помощи люминоскопа можно наблюдать фосфоресценцию объектов, длительность которой составляет около 0,01 сек.

Для быстрого перехода от наблюдения фосфоресценции к наблюдению флуоресценции предусмотрен четвертый диск, в котором имеются смотровое окно и два отверстия для ультрафиолетовых лучей, одно из которых закрыто фильтром УФС-2 или УФС-3. При повороте этого диска на 60° смотровое окно смещается таким образом, что объект будет виден в тот момент, когда он освещен ультрафиолетовыми лучами, прошедшими через светофильтр, и, следовательно, при этом будет наблюдаться суммарное свечение (флуоресценция и фосфоресценция) объекта. При наблюдении фосфоресценции объектов фильтр не нужен, так как вращающийся диск выполняет в этом случае функции механического светофильтра.

В литературе приведено описание значительного количества иных конструкций люминоскопов, служащих для раздельного наблюдения фосфоресценции и флуоресценции объектов.

в) Наблюдение люминесценции объектов, возбужденной видимым светом. В значительном количестве случаев для возбуждения люминесценции можно воспользоваться обычными источниками видимого света. Наиболее рациональным в этом случае является освещение объекта синим светом. При этом, по закону Стокса, можно наблюдать люминесценцию в зеленой, желтой, оранжевой и красной частях спектра. Необходимо только перед глазом наблюдателя установить дополнительный светофильтр, который пропускал

бы излучение люминесценции, но поглощал бы синий свет, отраженный исследуемым объектом.

Общая схема наблюдения люминесценции при освещении синим светом приведена на рис. XVIII—5.

Чтобы выделить сине-фиолетовую часть спектра, служащую для возбуждения люминесценции, перед источником света устанавливается стеклянный или жидкий фильтр. Для поглощения отраженного объектом синего света может быть использован желтый стеклянный фильтр типа применяемых в фотографии фильтров ЖС-17, ЖС-18 или ОС-12. Синий и желтый фильтры должны быть таким образом подобраны друг к другу, чтобы желтый фильтр полностью гасил свет, прошедший через синий фильтр.

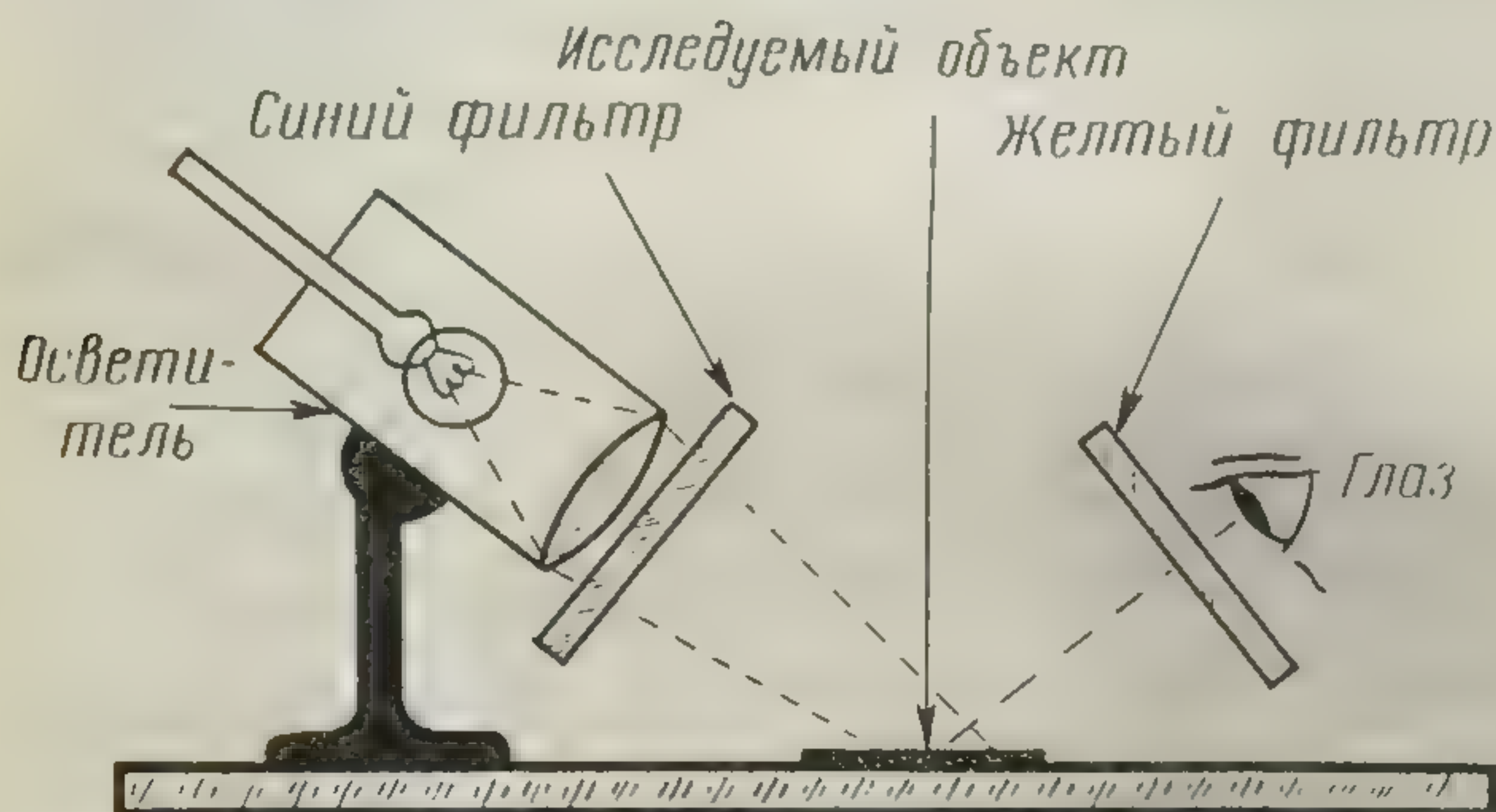


Рис. XVIII—5. Установка для наблюдения люминесценции в синем свете

В качестве сине-фиолетового фильтра может быть использован один из следующих:

а) стеклянные светофильтры СС-8 или ФС-7 в комбинации с поглощающим красные лучи фильтром СЗС-7;

б) жидкий фильтр следующего состава: в 116 мл дистиллированной воды растворяют 8,33 г химически чистой сернокислой меди (медного купороса) и к этому раствору прибавляют 100 мл концентрированного аммиака. В результате получается сине-фиолетовый прозрачный раствор, которым заполняют любой стеклянный сосуд с плоско-параллельными стенками;

в) стеклянные светофильтры из стекла СС-5 или СС-12;

**Цвет люминесценции чернил и туши при освещении
ультрафиолетовыми лучами и синим светом**

№№ п/п	Наименование красителя, входящего в состав чернил и туши	Цвет при обычном наблюдении	Цвет люминесценции	
			в ультра- фиолетовых лучах	в синем свете
1	Основной фиолетовый К (метил-виолет) . . .	фиолетовый	фиолетовый	красный
2	Кристалл-виолет . . .	»	»	ярко-красный
3	Генциан-виолет . . .	»	»	бледно-красный
4	Кислотный черный	черный	черный	темно-красный
5	Нигрозин	»	»	бледно-черный
6	Красная чернь	»	»	черный
7	Кампешевые чернила	»	»	темно-красный
8	Железо-дубильные чернила	»	»	черный
9	Паспортные чернила	»	»	черный
10	Метиленовый голубой	голубой	голубой	красный
11	Бриллиантовый зеленый	зеленый	зеленый	коричневый
12	Кислотный красный	красный	красный	красный
13	Кислотный синий	синий	синий	красный
14	» зеленый	зеленый	зеленый	бордо
15	Эозин	розовый	розовый	оранжевый
16	Эритрозин	красный	красный	бледно-желтый
17	Тушь кобальт. син.	синий	синий	красный
18	Тушь ультрамарин	»	»	темно-красный
19	Тушь кармин	красный	красный	ярко-красный
20	Тушь сиенная жженая	коричневый	коричневый	красный
21	Тушь зеленая	зеленый	зеленый	мелово-красный
22	» желтая	желтый	желтый	красный
23	» черная	черный	черный	черный

г) отс
ная) фот
в 2-м
после
пластинк
онными
пленка 3
стинками
Приме
мого, в
технику
ся удобн
стических
что таким
не-фиолет
Следу
различно
буждается
выми луч
имствова
Годи (ст
Таким
свете не
рафиолет
Для
ваться н
Необход
перед ис
более ко
ливаемы
роны, чт
совершен
зываемы
условию
ция фил
и оранж
можно
оранжево
§ 3.
Путем
леть наб

г) отфиксированная и промытая (но не проявленная) фотопластинка или пленка опускается на 7—10 мин. в 2%-ный раствор красителя метиленовый синий, после чего ополаскивается водой и сушится. Затем пластинка разрезается пополам, складывается эмульсионными сторонами во внутрь и окантовывается; фотопленка закладывается между двумя стеклянными пластинками.

Применение для возбуждения люминесценции видимого, в частности, синего света значительно упрощает технику люминесцентных исследований, почему и является удобным для исследования большинства криминалистических объектов. Недостатком метода является то, что таким путем нельзя наблюдать люминесценцию в сине-фиолетовой части спектра.

Следует указать, что целый ряд объектов обладает различной люминесценцией в зависимости от того, возбуждается ли она синим светом или же ультрафиолетовыми лучами. Наглядно демонстрирует это таблица, заимствованная из работы А. И. Миронова и Х. М. Тахо-Годи (стр. 426).

Таким образом, наблюдение люминесценции в синем свете не исключает исследования люминесценции в ультрафиолетовых лучах.

Для возбуждения люминесценции можно воспользоваться не только синим светом, но и зеленым и другими. Необходимо только, чтобы фильтр, устанавливаемый перед источником света, с одной стороны, пропускал бы более коротковолновое излучение, чем фильтр, устанавливаемый перед глазом наблюдателя, а с другой стороны, чтобы оба фильтра, будучи сложенными вместе, совершенно не пропускали бы видимого света (так называемый метод скрещенных светофильтров). Этому условию удовлетворяет, например, следующая комбинация фильтров — зеленый фильтр перед источником света и оранжевый перед глазом наблюдателя. В этом случае можно наблюдать люминесценцию только желтого, оранжевого и красного цветов.

§ 3. Фотографирование картины люминесценции

Путем фотографирования можно не только запечатлеть наблюдаемую картину, но и выявить визуально

незаметную люминесценцию объектов в инфракрасной или ультрафиолетовой частях спектра.

При фотографировании люминесценции исследуемый объект следует осветить по возможности более интенсивным ультрафиолетовым излучением или синим светом. Хорошие результаты дает применение ртутно-кварцевых ламп сверхвысокого давления, излучение которых концентрируется на снимаемом объекте при помощи линзы (при возбуждении люминесценции длинноволновым ультрафиолетовым излучением, изготовленным из обычного стекла).

Перед объективом фотоаппарата необходима установка фильтра, который не пропускал бы ультрафиолетовые лучи, отраженные объектом съемки. В качестве такого фильтра могут быть использованы бесцветные стекла марки БС, желтые фильтры типа ЖС-12, ЖС-17 и ЖС-18 или иные, не пропускающие ультрафиолетовые лучи. В ряде случаев правильный подбор светофильтра, устанавливаемого перед объективом фотоаппарата, может дать, так же как и в обычной фотографии, ценные результаты, выявляя незначительные, мало заметные глазом цветовые различия.

При фотографировании люминесценции, возбужденной синим светом, перед объективом фотоаппарата устанавливается тот же фильтр (ЖС-17, ЖС-18, ОС-12), через который производилось визуальное рассматривание объекта.

Фотографический аппарат для фотографирования люминесценции может быть взят любого типа, желательно только, чтобы объектив аппарата обладал достаточной светосилой для сокращения выдержки при съемке.

Удобным для фотографирования картины люминесценции является применение зеркальных фотокамер типа «Зенит», «Практифлекс» и т. п. с удлинительными кольцами, позволяющими производить фотографирование с близкого расстояния. Наводка по матовому стеклу обеспечивает быструю и точную установку фотоаппарата.

Фотографические материалы для фотографирования люминесценции должны обладать не только большой общей чувствительностью, но и цветочувствительностью. В случае люминесценции синего, зеленого и желтого цвета могут быть взяты пластинки «Изоорто»; для фото-

графирования люминесценции оранжевого и красного цвета нужны пластинки «изохром» и «панхром».

Применение цветных трехслойных фотоматериалов даст возможность получать фотоснимки картины люминесценции в натуральных цветах (см. гл. IX).

§ 4. Исследование красной и инфракрасной люминесценции

Ряд веществ, в частности, красители, применяемые для изготовления наиболее распространенных синих и фиолетовых чернил (метиленовый голубой, основной фиолетовый К и др.), будучи нанесены на бумагу, обладают максимальным поглощением в видимой части спектра, а люминесцируют в красной и ближней инфракрасной частях спектра. Эта люминесценция настолько слаба, что при обычном наблюдении в фильтрованных ультрафиолетовых лучах часто остается незамеченной. Более благоприятные условия для наблюдения красной и инфракрасной люминесценции создаются при возбуждении синим светом, однако и в этом случае яркость ее очень часто бывает настолько мала, что она недоступна визуальному наблюдению, даже при наличии мощного источника возбуждения.

Наиболее удобным способом выявления такой люминесценции является фотографирование на пан- и инфрахроматических фотоматериалах.

Для фотографирования картины инфракрасной люминесценции может быть использована установка, схема которой приведена на рис. XVIII—6.

Объект фотографируется в натуральную величину или с небольшим увеличением (уменьшением). Для фотографирования может быть использован фотоаппарат любой конструкции с относительным отверстием не менее 1:4,5.

В качестве источников света используются кинопроекторные лампы мощностью 300—500 ватт. Удобным является применение осветительных фонарей от передвижных звуковых киноустановок (К-101, К-301, К-303 или КИС), снабженных оптической системой для фокусировки пучка лучей.

Перед источниками света устанавливаются жидкие фильтры, представляющие собой водный раствор серно-

кислой меди (медного купороса) с концентрацией 50—120 г/л, находящийся в кюветах с параллельными стенками, изготовленных из стекла или плексигласа. Толщина слоя жидкости 5 см. Для предотвращения высыхания раствора на него сверху наливается тонкий (1—2 мм) слой вазелинового масла. Такой фильтр полностью поглощает красные и инфракрасные лучи с длиной волны более 6500 \AA , благодаря чему исследуемый объект освещается светом, лишенным красных и инфракрасных лучей. Возникающая при этом люминесценция,

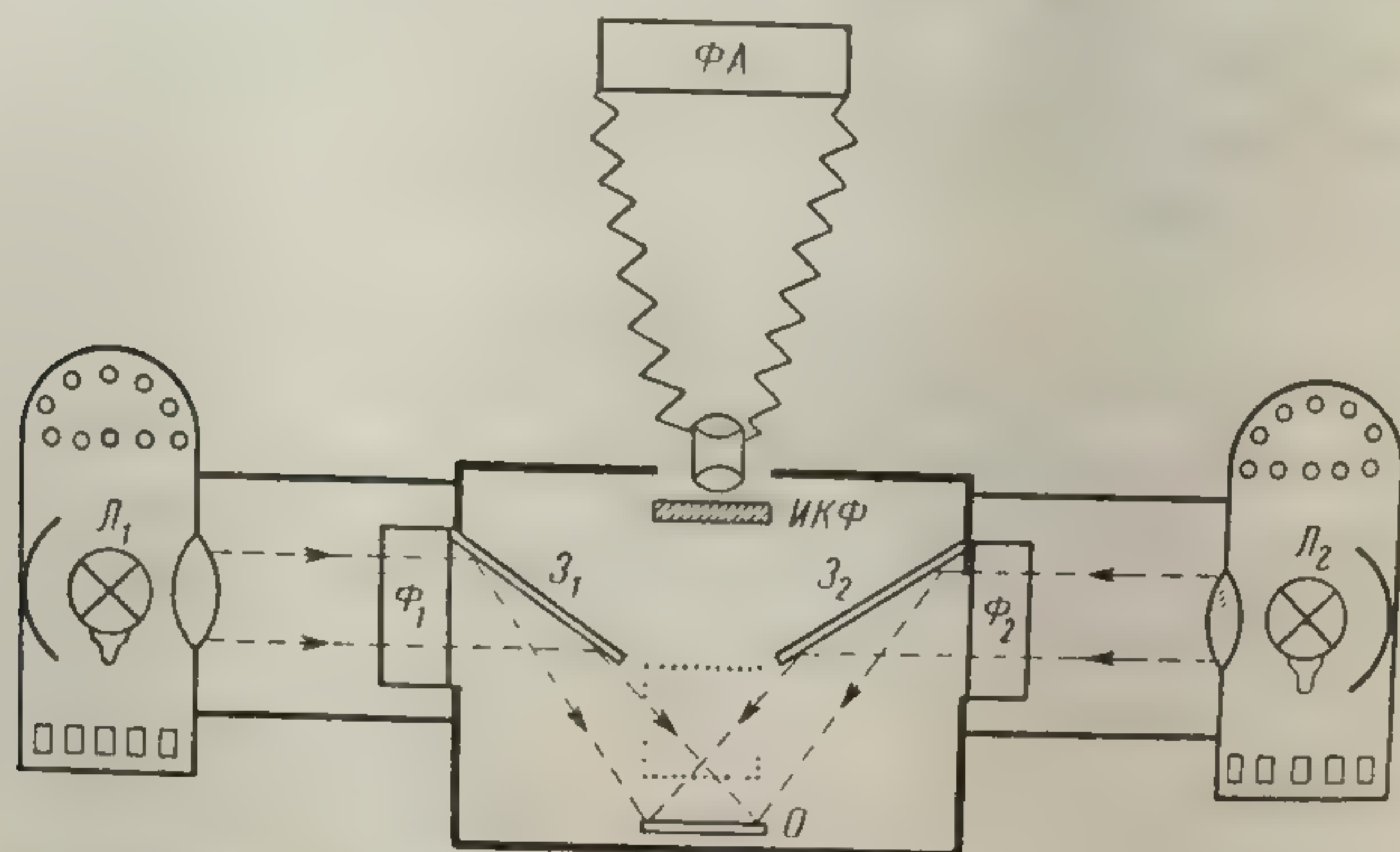


Рис. XVIII—6. Схема установки для фотографирования ИК люминесценции:
 L_1, L_2 — источник света, Φ_1, Φ_2 — жидкие фильтры, Z_1, Z_2 — зеркало, O — исследуемый объект, ИКФ — инфракрасный фильтр, ФА — фотоаппарат

по закону Стокса, смещена в сторону больших длин волн, т. е. расположена в красной и инфракрасной частях спектра. Поэтому перед объективом фотоаппарата устанавливается красный фильтр типа КС-19 или комбинированный светофильтр КС-19 + СС-4, пропускающий дальнюю красную и ближнюю инфракрасную части спектра. Кривые пропускания применяемых фильтров приведены на рис. XVIII—7.

При фотографировании красной люминесценции может быть взят фильтр КС-15 или КС-17.

Наблюдение инфракрасной люминесценции может производиться при помощи электронно-оптического преобразователя со светофильтром КС-19.

Вместо жидких фильтров, содержащих раствор сернокислой меди, могут быть использованы стеклянные светофильтры типа СЗС-8 или СЗС-10. Однако эти стекла являются теплонеустойчивыми и в случае применения многоваттных ламп могут быть повреждены в результате сильного нагревания. Для предохранения необходимо перед ними установить охлаждающий вентилятор или кюветы с дистиллированной водой. Поэтому целесообразно применять жидкие фильтры, изготовление которых не представляет особых затруднений в условиях криминалистической лаборатории.

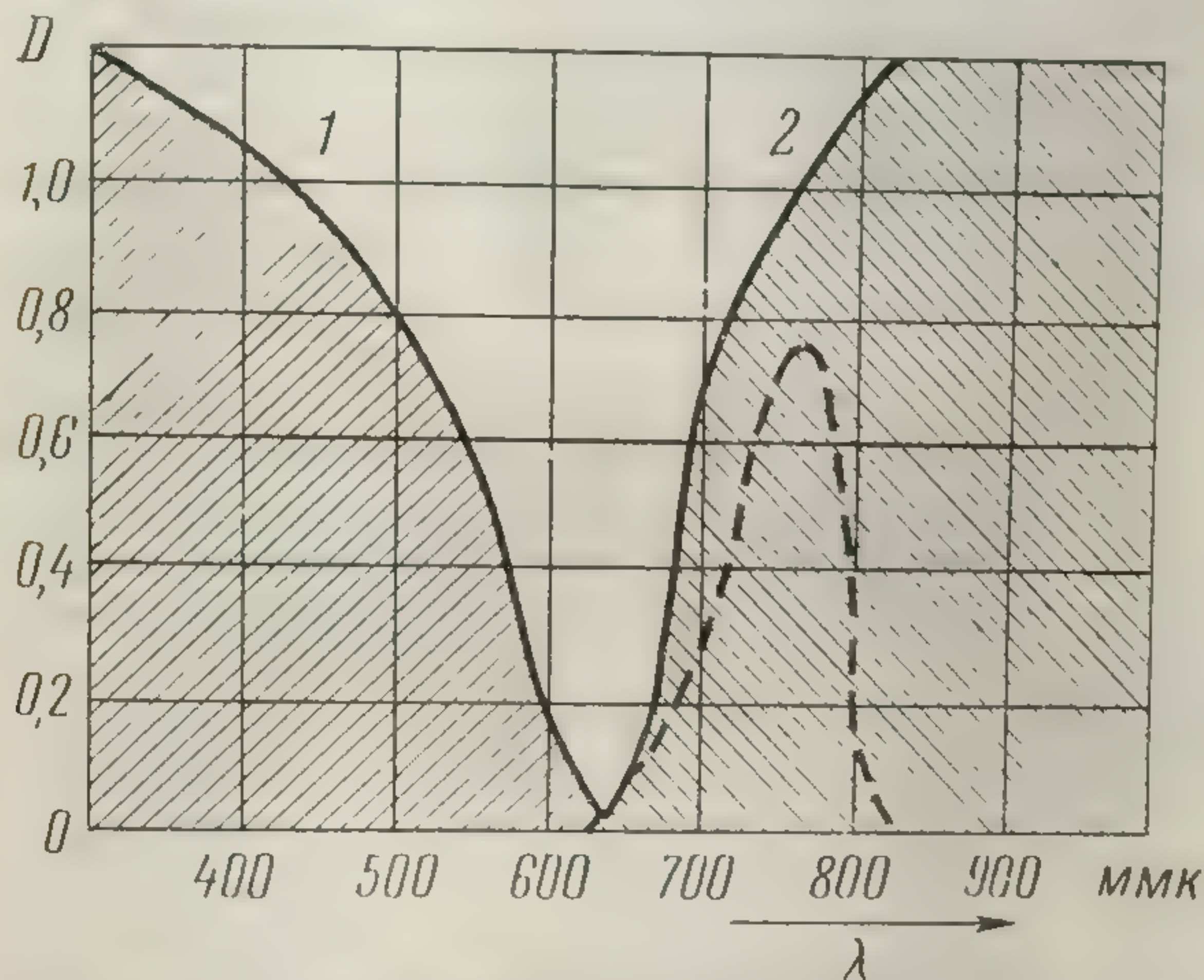


Рис. XVIII—7. Кривые пропускания фильтров для исследования ИК люминесценции:

1 — раствор CuSO_4 , 2 — фильтр КС — 19 (пунктиром показана спектральная чувствительность пластинок „Инфрахром — 760“)

Особое внимание при сборке установки следует обратить на то, чтобы на исследуемый объект не попадал посторонний свет, не прошедший через светофильтр. Даже небольшое количество постороннего света, попавшее на объект, может значительно ухудшить качество снимка. С этой целью объект помещается на дно закрытого со всех сторон ящика с открывающейся передней стенкой, имеющего всего три отверстия — два для

освещения объекта и одно (сверху) для объектива фотоаппарата.

Описанная установка может быть использована также для наблюдения и фотографирования люминесценции при возбуждении сине-фиолетовым светом. Для этого необходимо только в кюветах жидкого фильтра заменить раствор медного купороса на медно-аммиачный. Чтобы сделать возможным визуальное наблюдение люминесценции, в передней стенке установки сделано отверстие, закрытое фильтром — желтым при наблюдении люминесценции, возбужденной синим светом, и красными фильтрами КС-15, КС-17 и КС-19 при наблюдении люминесценции в красной и ближней инфракрасной частях спектра. Так как человеческий глаз, хотя и в небольшой степени чувствителен к лучам ближней инфракрасной части спектра, то в тех случаях, когда люминесценция объекта интенсивна, ее можно наблюдать визуально.

В качестве фотоматериалов для фотографирования инфракрасной люминесценции применяются фотопластики «Инфрахром»; для люминесценции в крайней красной и ближайшей инфракрасной частях спектра — «Инфрахром 760» и для фотографирования красной люминесценции — «Папхром».

Выдержка при фотографировании инфракрасной люминесценции в зависимости от характера объекта, яркости освещения и светосилы объектива при пластинках «Инфрахром 760» составляет 1—10 мин.

§ 5. Исследование ультрафиолетовой люминесценции

В некоторых случаях, как например, при исследовании вытравленных документов ценные результаты могут быть получены при изучении невидимой ультрафиолетовой люминесценции исследуемого объекта.

Для возбуждения ультрафиолетовой люминесценции в области длинноволнового ультрафиолета необходимо, по закону Стокса, осветить объект более коротковолновым излучением, т. е. средневолновым или коротковолновым ультрафиолетом.

Исследуемый объект освещается светом ртутно-кварцевой лампы, прошедшим через составной фильтр, со-

стоящий из увиолевого фильтра УФС-2 и желтого фильтра ЖС-3. Такая комбинация фильтров пропускает ультрафиолетовые лучи с максимумом около 313 мкм. Таким образом, объект освещается средневолновым ультрафиолетом, излучение же люминесценции его должно быть расположено в длинноволновом ультрафиолете. Чтобы выявить ее, пользуются фотографическим методом. Перед объективом фотоаппарата устанавливают светофильтр УФС-3, пропускающий длинноволновые ультрафиолетовые лучи и поглощающий видимое излучение. Отраженные объектом средневолновые ультрафиолетовые лучи поглощаются как фильтром, так и стеклом объектива фотоаппарата, и, следовательно, на фотопластинку попадает только излучение люминесценции.

Для фотографирования ультрафиолетовой люминесценции лучше всего применять высокочувствительные фотоматериалы. Экспозиции при этом доходят до получаса и более.

§ 6. Люминесцентная микроскопия

При люминесцентной микроскопии объект становится видимым благодаря люминесценции, возникающей в этом же объекте под действием ультрафиолетовых или видимых лучей.

Отличается люминесцентный микроскоп от обычного системой освещения, оптическая же часть, служащая для рассматривания объекта, у него та же. Поэтому обычный микроскоп может быть приспособлен для люминесцентных наблюдений, если только его снабдить приспособлением для освещения объектов ультрафиолетовыми лучами. В качестве такового может быть использован выпускаемый нашей промышленностью люминесцентный осветитель ОИ-18, позволяющий освещать исследуемый объект как ультрафиолетовыми лучами, так и синим светом.

Источником ультрафиолетовых лучей может служить ртутно-кварцевая лампа сверхвысокого давления типа СВДШ-250, излучение которой фокусируется на исследуемом объекте при помощи обычной стеклянной линзы (если для возбуждения люминесценции используется длинноволновой ультрафиолет) и кварцевой линзы, если

для возбуждения люминесценции желательно использовать средневолновые и коротковолновые ультрафиолетовые лучи.

Перед осветителем устанавливается светофильтр типа УФС-3 или УФС-2, пропускающий ультрафиолетовые и поглощающий видимые лучи. Чтобы избежать нагревания исследуемого объекта и фильтра, полезно перед источником излучения поставить дополнительный жидкий фильтр, представляющий собой 2,5%-ный раствор сернокислой меди.

Для наблюдения в микроскоп люминесценции, возбужденной синим светом, необходимы два светофильтра — синсфиолетовый и желтый, подобранные таким образом, как это было описано выше. Синий фильтр устанавливается перед источником света. Желтый фильтр устанавливается на окуляре и служит для поглощения синих лучей, прошедших через объект.

Применение синего света значительно упрощает технику люминесцентно-микроскопических исследований, но вместе с тем несколько ограничивает возможность метода, так как не позволяет наблюдать часто встречающейся люминесценции синего и фиолетового цвета.

Выпускаемые промышленностью специальные люминесцентные микроскопы в большинстве случаев предназначены только для исследования прозрачных объектов; такие микроскопы, удобные для биологических целей, мало пригодны для криминалистического исследования вещественных доказательств, которые чаще приходится проводить не в проходящем, а в отраженном свете.

§ 7. Аппаратура для исследования люминесценции

Нашей отечественной промышленностью разработан ряд установок для люминесцентного анализа. Из этих установок наиболее пригодны для криминалистических целей следующие:

1. Люминесцентная аналитическая лампа ЛЮМ-1. Прибор, служащий для наблюдения люминесценции в длинноволновых ультрафиолетовых лучах ($\lambda = 366$ мкм). Источником излучения является ртутно-кварцевая лампа ПРК-4 в комбинации с ультрафиолетовым фильтром

УФС-3.
ного то
220 ват
2. Т
для н
ультраф
ультраф
лампа Г
При так

на долю
ником т
питаема
может б
нием 12
3. Лю
чен для
несциру
ния явл
нации с
твор-эта
поля зре
чением л
рая — рас
4. Люм
назначен

УФС-3. Лампа может быть включена в сеть переменного тока напряжением 127 и 220 вольт. Мощность равна 220 ватт при силе тока 3,75 амп (см. рис. XVIII—8).

2. Люминесцентный минералоскоп ЛЮМ-2 служит для наблюдения люминесценции в коротковолновых ультрафиолетовых лучах ($\lambda = 253,7$ мкм). Источником ультрафиолетовых лучей является ртутно-кварцевая лампа ПРК-4, работающая в режиме тлеющего разряда. При таком режиме 90% общего излучения приходится

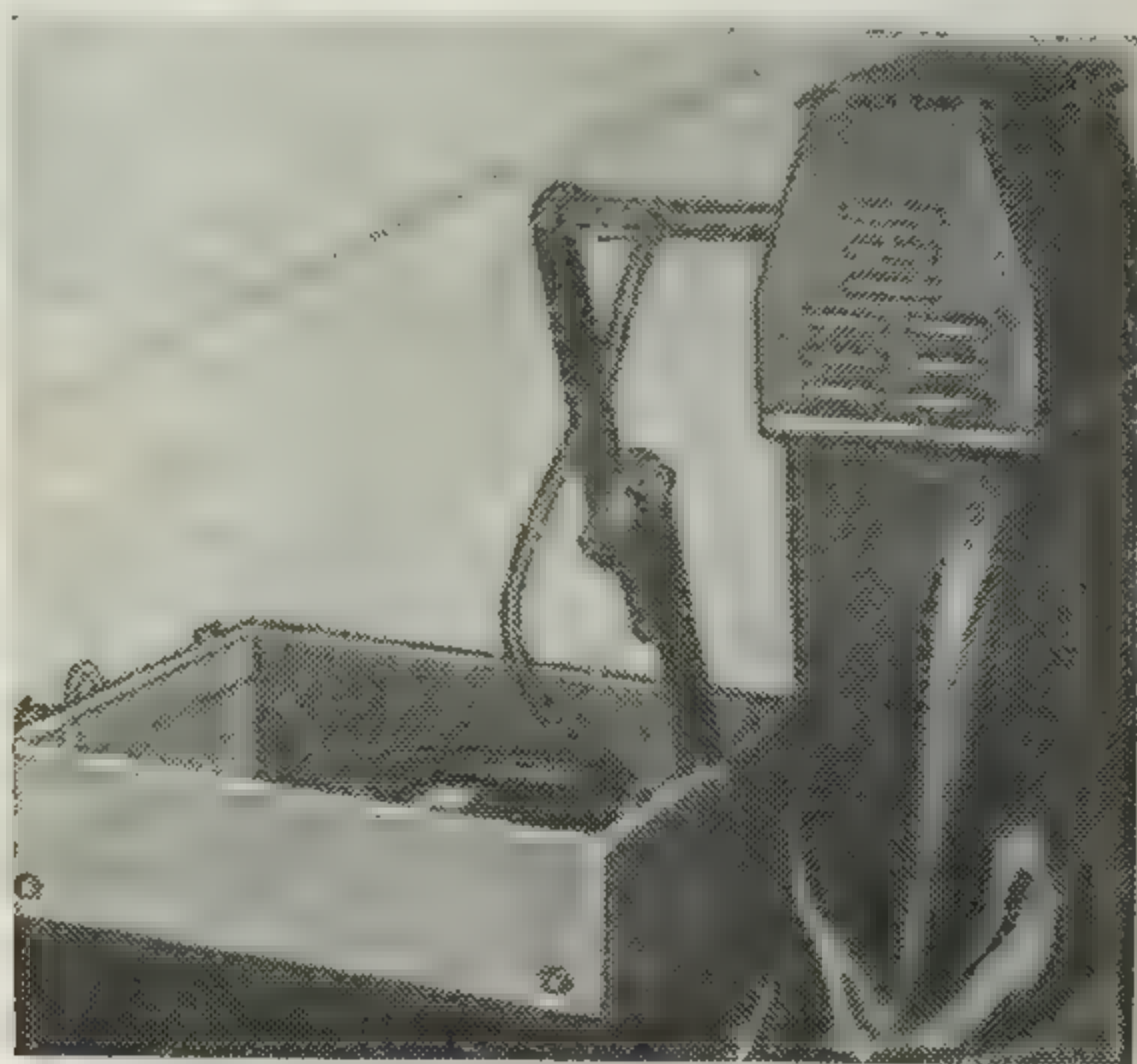


Рис. XVIII—8. Люминесцентная аналитическая лампа ЛЮМ-1

на долю резонансной линии ртути $\lambda = 253,7$ мкм. Источником тока для лампы является автомобильная бобина, питаемая от понижающего трансформатора. Прибор может быть включен в сеть переменного тока напряжением 127—220 вольт. Фильтр УФС-1.

3. Люминесцентный колориметр ЛЮКС-1 предназначен для количественного определения содержания люминесцирующих веществ в растворах. Источником излучения является ртутно-кварцевая лампа ПРК-4 в комбинации с фильтром УФС-3. Исследуемый раствор и раствор-эталон помещаются в пробирках. Одна половина поля зрения, видимого наблюдателем, освещена излучением люминесценции исследуемого раствора, а вторая — раствора-эталоны.

4. Люминесцентный микроспектрометр ЛМС-1 предназначен для качественного определения по спектрам

люминесценции микроскопических зерен люминесцирующих материалов. Источником ультрафиолетовых лучей является осветитель, состоящий из ртутно-кварцевой лампы ПРК-4 и фильтра УФС-3. При помощи двух зеркал одновременно освещаются исследуемый образец и эталон.

Глаз наблюдателя, помещенный у выходного зрачка спектроскопа прямого зрения, видит в поле зрения друг над другом два спектра, между которыми имеется тонкая линия раздела. Верхний спектр принадлежит эталону, нижний — исследуемому объекту. Если исследуемый микрообъект имеет состав, аналогичный эталону, то наблюдаемое в поле зрения микроспектрометра количество полос в спектрах люминесценции и их расположение по спектру будет одинаковым.

Прибор этот может оказаться полезным при исследовании люминесценции микроскопических объектов, например, пыли и различных мелких частиц, обнаруженных при осмотре вещественных доказательств.

Более углубленное изучение люминесценции предполагает не только качественные наблюдения, но и измерение оптических характеристик люминесценции. Для количественной оценки цвета люминесценции Всесоюзным научно-исследовательским светотехническим институтом разработана конструкция колориметра, называемого телевизионным колориметром ТК-1. В этом колориметре в качестве приемника излучения используется фотоэлектронный умножитель изготовления Всесоюзного электро-технического института ФЭУ-13 с висмутосциевым катодом. Кривая спектральной чувствительности этого фотокатода охватывает всю видимую часть спектра и имеет максимум при 500—520 мкм. Используя различные комбинации стеклянных фильтров, можно получать приемники с различными кривыми спектральной чувствительности. Минимальный размер промеряемой поверхности 5×5 мм.

В литературе имеются указания на возможность применения для количественной оценки люминесценции фотометров типа ФМ. Однако точность, даваемая этим прибором, относительно невелика.

Для измерения очень слабого свечения люминесценции предложено использовать фотоумножители, усиливающие фототок до 10^6 раз, причем даваемый фотоум-

Все время
люминесценции
Шлезингер. У
ваемых «при
1. Наблюд
ства. В прост
наблюдению
ции объектов
дельно наблю
яркость и спе
поляризацию
К этому п
сцентной хро
нии смесей ра
2. Примен
ций. Сущност
пользуя те н
искомое веще
этим свойство
несценции, ли
того или иног
Так, многи
не люминесц
активами, обр
3. Количес
относятся те
личество инт
меняются в а
4. Примене
катодов. Сюда
ления рН раст
ценции, индик
приему, испол
следованиях.
5. Наблюде
люминесценции

ножителем ток дополнительно усиливается с помощью усилителя постоянного тока. Порог чувствительности такого устройства составляет около 10^{-12} люкс.

§ 8. Приемы люминесцентного анализа

Все применяемые на практике способы и методы люминесцентного анализа, как показала Константинова-Шлезингер, могут быть разделены на пять так называемых «приемов».

1. Наблюдение собственной люминесценции вещества. В простейшем виде оно сводится к визуальному наблюдению видимого глазом свечения — люминесценции объектов. При более глубоких исследованиях отдельно наблюдают флуоре и фосфоресценцию, изучают яркость и спектр излучения, температурные свойства и поляризацию свечения.

К этому приему относится также метод люминесцентной хроматографии, применяемой при исследовании смесей различных компонентов.

2. Применение качественных флуоресцентных реакций. Сущность этого метода заключается в том, что, используя те или иные химические реакции, заставляют искомое вещество флуоресцировать (если оно ранее этим свойством не обладало) либо изменять цвет люминесценции, либо, наконец, изменять цвет флуоресценции того или иного реактива.

Так, многие неорганические соединения, сами по себе не люминесцирующие, реагируя с органическими реактивами, образуют люминесцирующие соединения.

3. Количественный люминесцентный анализ. Сюда относятся те методы, которые позволяют определить количество интересующего нас вещества. Методы эти применяются в аналитической химии.

4. Применение флуоресцирующих веществ как индикаторов. Сюда относятся методы, служащие для определения рН растворов, по изменению характера люминесценции индикатора. Методы, относящиеся к этому приему, используются, в основном, при химических исследованиях.

5. Наблюдение вторичной, т. е. извне привнесенной люминесценции. К этому приему люминесцентного

анализа относятся такие методы, как окрашивание твердых сред растворами флуоресцирующих красителей, применение флуоресцирующих опылителей для выявления пальцевых и иных следов, подкрашивание жидких веществ флуоресцирующими красителями и т. п.

Из перечисленных приемов люминесцентного анализа при криминалистических исследованиях используются первый, второй и пятый, которые далее будут рассмотрены подробнее.

Методы, относящиеся к 2 и 5 приемам, когда производится наблюдение люминесценции вещества либо принесенного извне, либо образовавшегося в результате той или иной флуоресцентной реакции, иногда в криминалистике называют методом флуоресцирующих индикаторов (например, методы прочтения вытравленных или залитых текстов).

а) Наблюдение собственной люминесценции вещества. Этот прием чаще всего, благодаря своей простоте применяется при криминалистическом исследовании вещественных доказательств. Условием успешного применения люминесцентного анализа должно явиться всестороннее изучение всех факторов, влияющих на люминесценцию исследуемых объектов.

Во многих случаях, раньше чем применить люминесцентный метод, в особенности при сравнительном идентификационном исследовании чернильных или карандашных штрихов и бумаги, необходимо выяснить, чем именно вызывается люминесценция объекта и может ли она в данном случае играть решающую роль.

Сравнением флуоресценции отдельных образцов надлежит, прежде всего, проверить, в какой мере наблюдаемая флуоресценция является характерной для исследуемого объекта и не обуславливается ли она случайными, изменяющимися примесями.

При люминесцентном анализе нужно считаться с необходимостью предварительной темновой адаптации глаза, от чего зависит не только его общая, но и спектральная чувствительность. Нахождение глаза в темноте в течение 1 часа, например, повышает чувствительность примерно в 200 000 раз.

Цветовая чувствительность глаза также зависит от состояния адаптации (эффект Пуркиньи). При уменьшении яркости исследуемого светового эффекта возрастает

чувствительность глаза к фиолетовому, синему, зеленому цветам, одновременно понижаясь по отношению к желтому и красному, т. е., другими словами, кривая спектральной чувствительности человеческого глаза смещается в область более коротких длин волн.

По мере дальнейшего уменьшения яркости, цвета, как принято говорить, «сереют» и при очень малых яркостях перестают различаться, что следует иметь в виду при качественных исследованиях, основанных на различении цветов.

Одним из наиболее часто встречающихся в криминалистике случаев применения люминесцентного анализа является исследование документов.

Нередко путем простого наблюдения собственной люминесценции оказывается возможным выявить следы вытирания на документах, а иногда и прочесть вытравленный текст.

На рис. XVIII—9 показан снимок флуоресценции документа, на котором хорошо видны следы вытравливания (в виде светлых пятен).

В случае вытертых текстов, написанных карандашами, в состав пишущей массы которых входят люминесцирующие красители (например, красные копировальные карандаши и др.), нередко можно наблюдать интенсивную люминесценцию после увлажнения исследуемого места документа. Вода растворяет ничтожные частицы красителя, оставшиеся в толще бумаги и незаметные при непосредственном наблюдении, краситель этот абсорбируется волокнами бумаги, что вызывает его люминесценцию.

При сравнительном исследовании карандашных (химический карандаш) и чернильных штрихов необходимо учитывать, что подложка, т. е. взятая для письма бумага, играет значительную роль в характере люминесценции штриха. Штрихи, проведенные одними и теми же чернилами на различных образцах бумаги, при всех прочих равных условиях могут обнаруживать различную люминесценцию. Поэтому результаты сравнения будут только тогда надежными, когда штрихи находятся на одной и той же бумаге. В некоторых случаях хорошие результаты получаются при исследовании оттисков этих штрихов, полученных на желатишированной бумаге. Точно так же может отличаться друг от

друга люминесценция жирного и слабого штрихов, причем в данном случае причиной может быть явление так называемой вторичной абсорбции, т. е. частичного поглощения верхним слоем излучения, выходящего из глубины флуоресцирующего вещества. Это необходимо по-

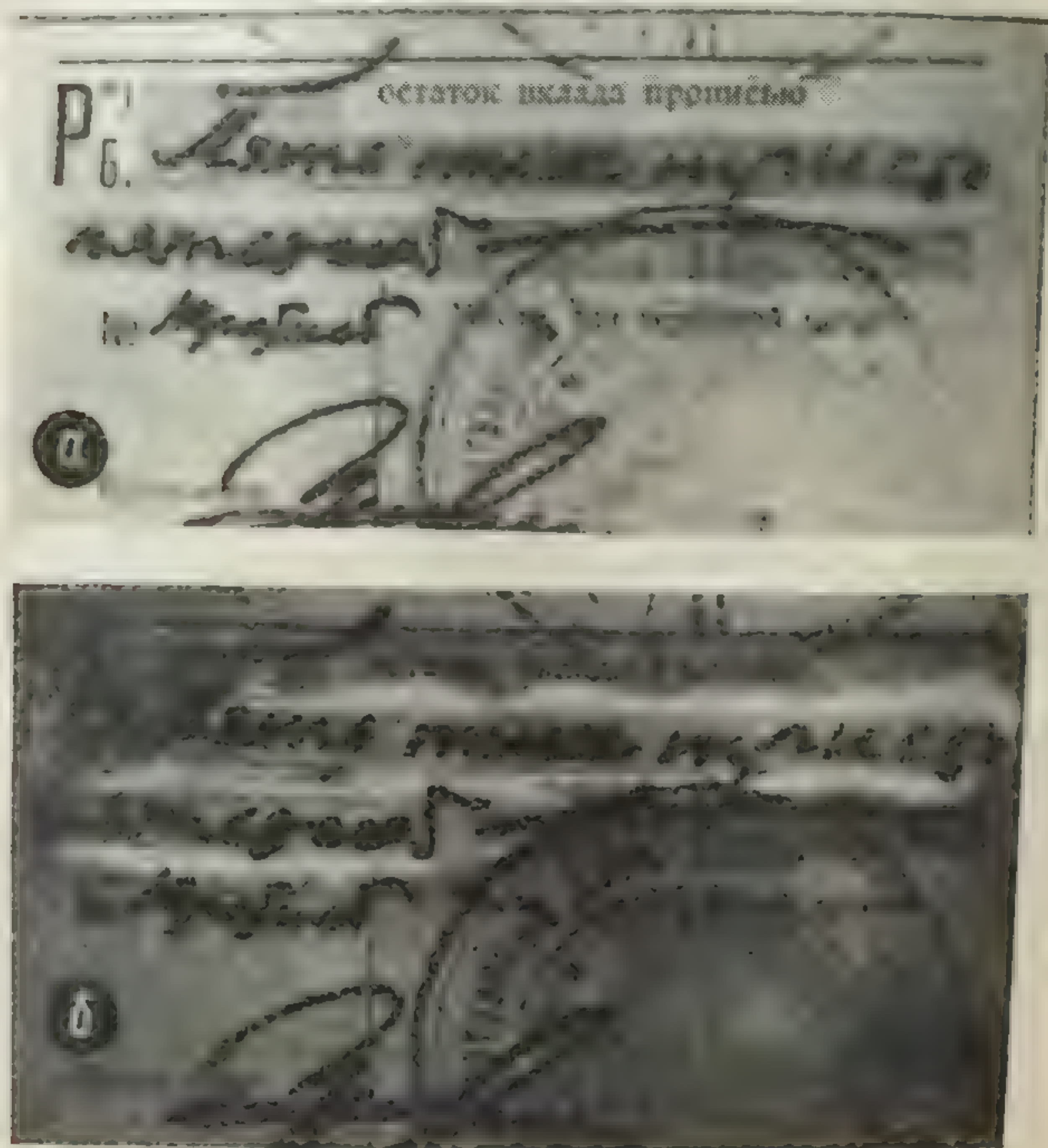


Рис. XVIII—9. Фотоснимок документов с люминесцирующими следами травления:
а — обычный снимок, б — люминесцентный снимок

минать в тех случаях, когда сравниваемые штрихи различной густоты.

Наконец, слишком большая концентрация красителя иногда является препятствием для наблюдения люминесценции, так как при этом, с одной стороны, происходит тушение люминесценции вследствие повышенной

концентрации красителя, а с другой — иногда имеет место выкристаллизовывание красителя на поверхности бумаги, так что мы имеем дело не только с абсорбированным, но и с выкристаллизовавшимся на поверхности бумаги красителем, который в большинстве случаев не флуоресцирует. При этом полезным оказывается получение оттиска на увлажненной бумаге. Незначительного

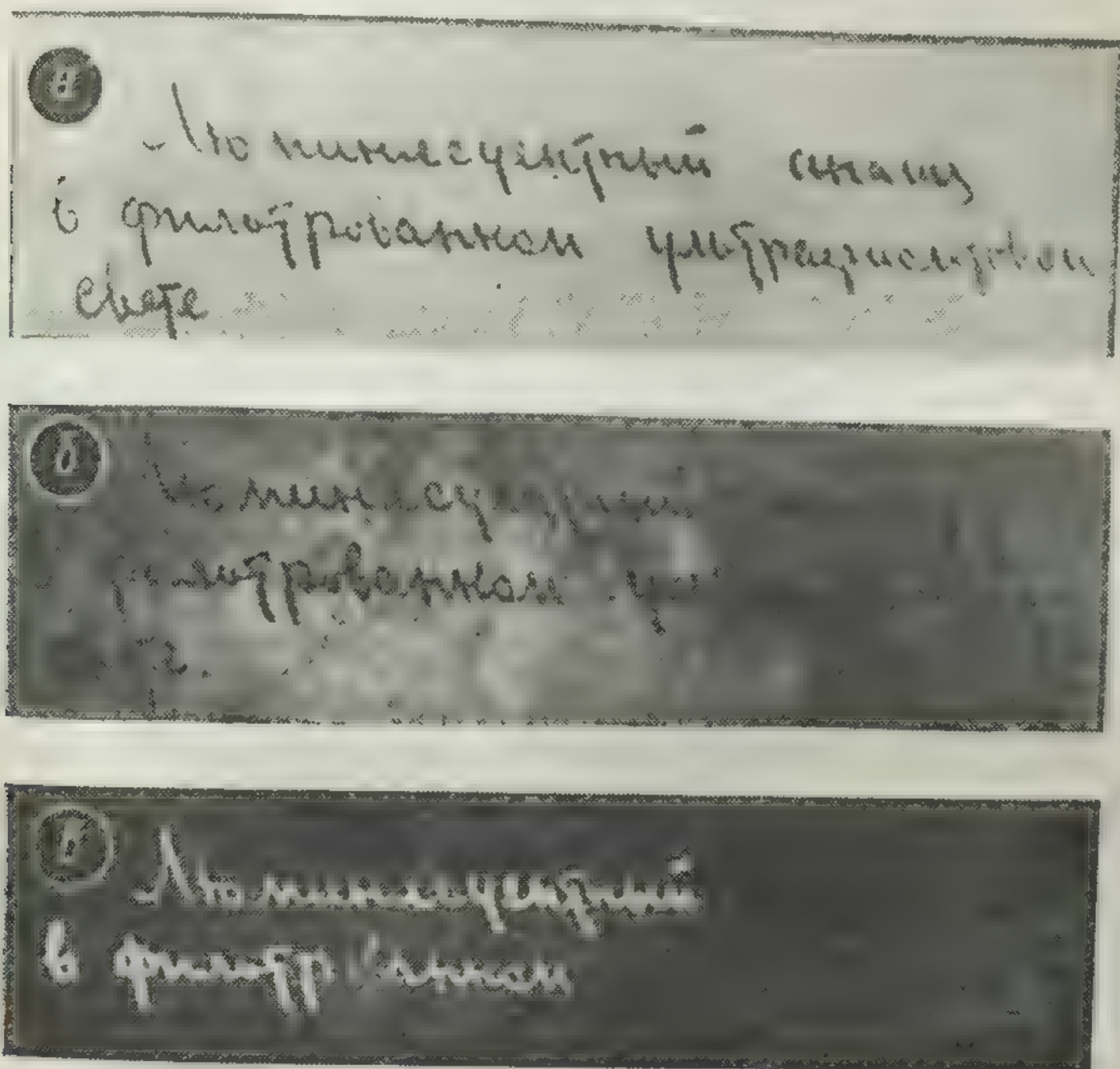


Рис. XVIII—10. Флуоресцентный снимок с текста и оттиска с него:

а — исследуемый текст, *б* — люминесцентный снимок текста, *в* — люминесцентный снимок оттиска текста

количества красителя, перешедшего на увлажненную бумагу, может оказаться достаточным для обнаружения интенсивной люминесценции.

На рис. XVIII—10 приведен флуоресцентный снимок с текста, в котором отдельные слова написаны чернилами одинакового цвета, но различного состава. При рассматривании самого документа в ультрафиолетовых лучах и флуоресцентного снимка никакого различия

между чернилами, которыми написаны отдельные слова текста, установить не удалось, вследствие значительной концентрации красителя в чернилах. Различие это, однако, сразу бросается в глаза, если рассматривать флуоресценцию оттиска с вышеуказанного текста, полученного путем копировки на увлажненной бумаге (рис. XVIII—10).

При этом большое значение имеет выбор бумаги для копировки на нее чернильного текста, так как некоторые красители на разных сортах бумаги дают различные результаты.

Исследование флуоресценции карандашных штрихов (копировального карандаша), которые сами по себе не обнаруживают заметной флуоресценции, следует производить путем наблюдения люминесценции не только самих штрихов, а и оттисков с них, полученных на смоченной обычной или желатинированной бумаге.

При исследовании бумаги существенную помощь могут оказать фосфоресцентные наблюдения, так как у некоторых образцов бумаги фосфоресценция выражена в очень сильной степени.

Штрихи копировальной бумаги, сами по себе не обладающие заметной люминесценцией, иногда начинают люминесцировать, если, наложив на них лист чистой бумаги, прогладить штрихи утюгом, нагретым приблизительно до $t = 100^\circ$. Это объясняется тем, что содержащиеся в штрихе люминесцирующие жировые вещества плавятся и впитываются волокнами бумаги.

Наконец, в некоторых случаях можно наблюдать люминесценцию не самих штрихов, а оттисков этих штрихов на листах бумаги, находившихся некоторое время в контакте с исследуемым документом. Ничтожных следов красителя, перешедших на соседнюю страницу, бывает достаточно, чтобы обусловить довольно яркую люминесценцию. Иногда по такой люминесценции оказывалось возможным восстановить записи, имевшиеся на оторванном от документа куске бумаги.

Люминесцентный анализ применяется также при сравнительном исследовании сургуча, клея, для выявления текстов, написанных невидимыми (так называемыми симпатическими) чернилами, и в некоторых других случаях.

Их
собствен
ств
1. В
взгл
могут быть
непосредств
дов смазки
вальной бум
t 100°. Попае

Рис. XVIII
а — расстояние
фильтровальной
следовании лю
2. Значитель
вергавшихся д
300°) или же к
несценцию

Из иных возможностей использования наблюдения собственной люминесценции при исследовании вещественных доказательств можно указать на следующие:

1. Выявление следов ружейной смазки при исследовании пулевых повреждений на одежде. Эти следы могут быть обнаружены по их люминесценции, иногда непосредственно на самой одежде. Если на ткани следов смазки не видно, то на нее кладут лист фильтровальной бумаги и проглаживают утюгом, нагретым до $t\ 100^\circ$. Попавшие на ткань частицы смазки впитываются

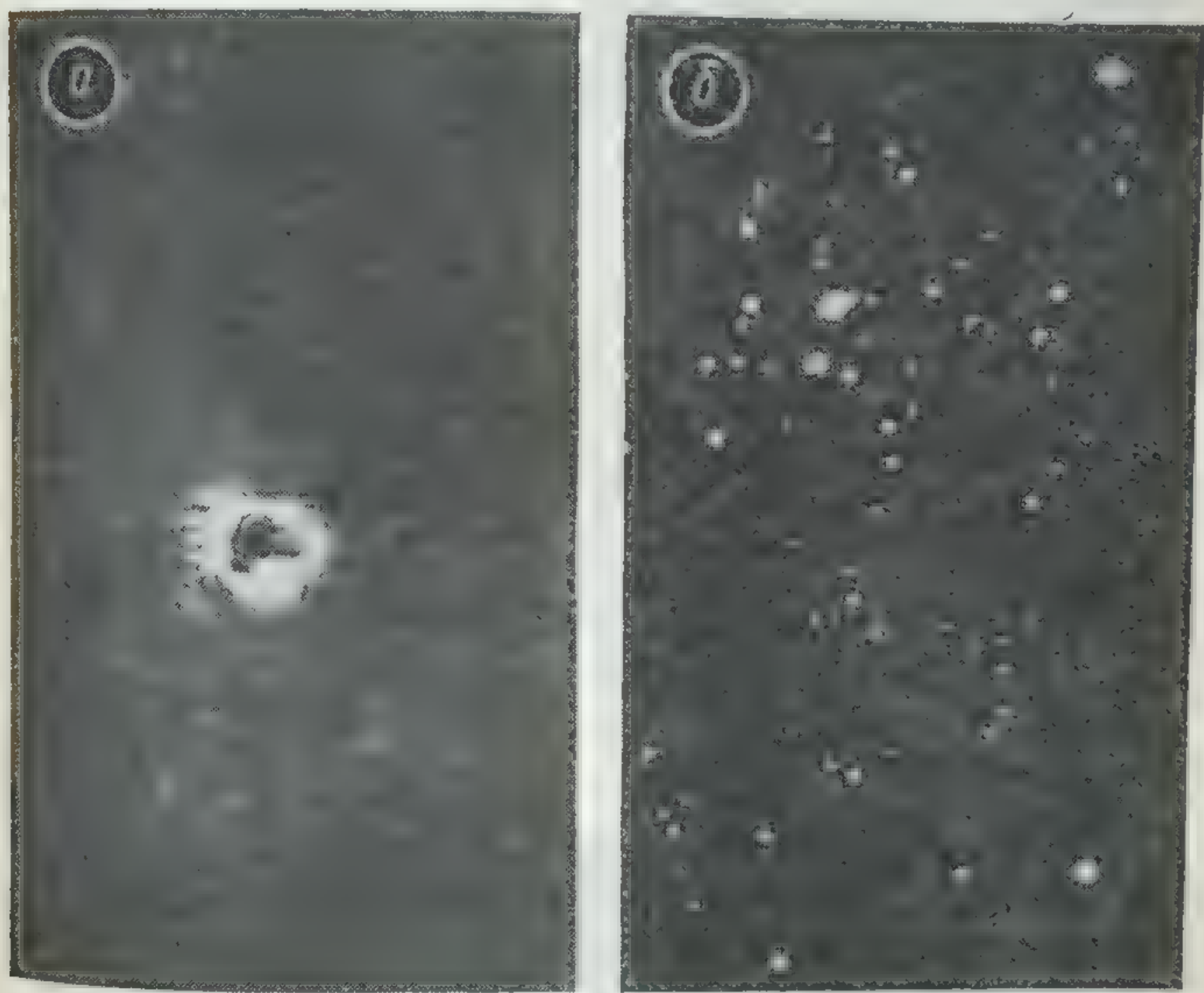


Рис. XVIII—11. Выявление следов ружейной смазки:
а — расстояние выстрела 2 м, б — расстояние выстрела 40 см

фильтровальной бумагой и могут быть обнаружены при исследовании люминесценции этой бумаги (рис. XVIII—11).

2. Значительное количество текстильных тканей, подвергавшихся действию высокой температуры ($150\text{—}300^\circ$) или же кислот и щелочей, обнаруживает люминесценцию при освещении как ультрафиолетовыми

лучами, так и синим светом. Таким образом могут быть не только обнаружены следы термического воздействия на тканях, но иногда и сделаны выводы относительно температуры и времени воздействия на ткань.

3. Обнаружение пятен спермы, слюны, мочи, выделений из носа.

4. Обнаружение пятен, оставленных минеральными маслами и иными веществами. Так, в одном случае при осмотре места происшествия (кража из промтоварного магазина) был обнаружен ярко флуоресцирующий след обуви на куске материи, лежавшем на полу. Как оказалось, преступник, чтобы сделать невозможным применение служебно-розыскной собаки, облил свою обувь одеколоном. Содержавшиеся в одеколоне сильно флуоресцирующие вещества и обусловили свечение следа, оставленного ногой на материи.

Остановимся на применении люминесценции в красной и ближней инфракрасной частях спектра при исследовании вещественных доказательств.

Интенсивной люминесценцией в красной и ближней инфракрасной частях спектра обладает ряд абсорбированных на бумаге красителей, применяемых для изготовления синих и фиолетовых чернил — метиленовый голубой, основной фиолетовый К, кристаллический фиолетовый, метиловый зеленый, эозин и другие. Люминесцируют также некоторые сорта фиолетовой и синей туши, а также большинство сортов красных карандашей. Штрихи, проведенные копировальными и графитно-копировальными карандашами, люминесцируют только в том случае, если они предварительно были смочены. Более или менее значительной собственной люминесценцией обладают некоторые сорта бумаги. На линованных бумагах, обычно, интенсивно люминесцирует линовка. Изучение красной и инфракрасной люминесценции дает хорошие результаты в следующих случаях:

а) При выявлении угасших текстов, т. е. текстов, обесцветившихся и ставших нечитаемыми от длительного действия света и иных естественных причин. Даже полностью обесцветившиеся тексты могут быть восстановлены при помощи фотографирования красной и инфракрасной люминесценции.

Особенно хорошие результаты получаются в том случае, если тексты были написаны чернилами, изготовлен-

Рис. XVIII—12. Фото

а — фотоснимок,

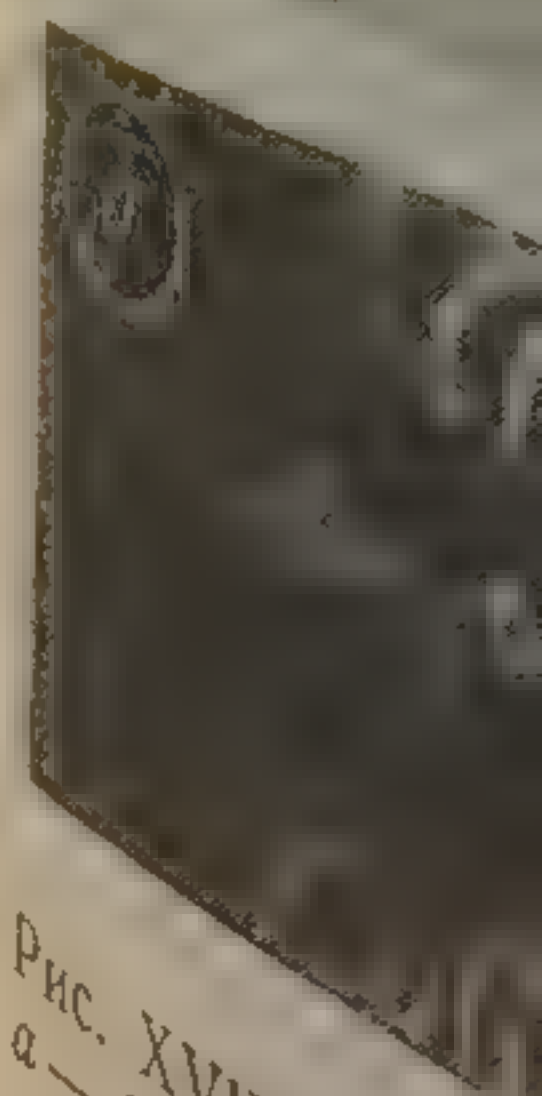
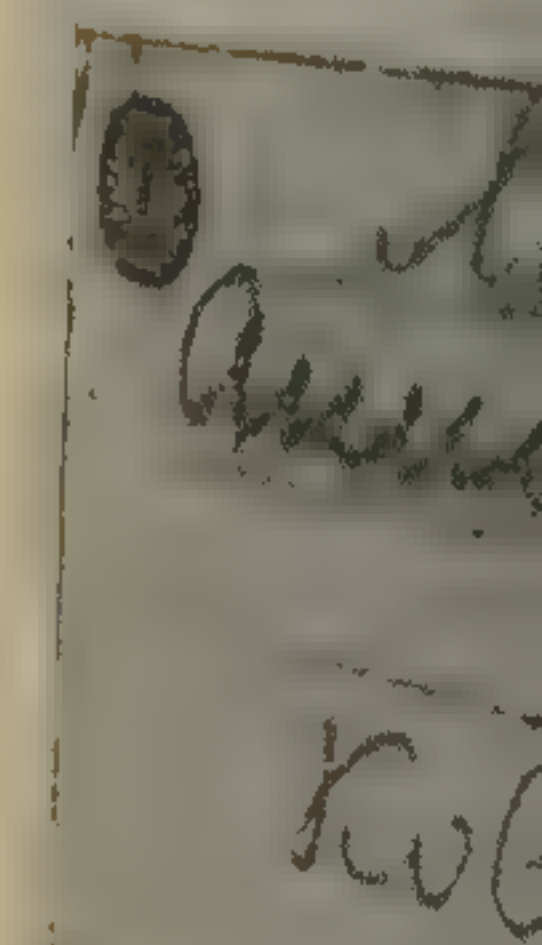


Рис. XVIII—13. И
а — фотоснимок, б)

б) При выявлении записей в том

ными из красителей — метиленового голубого и основного фиолетового.

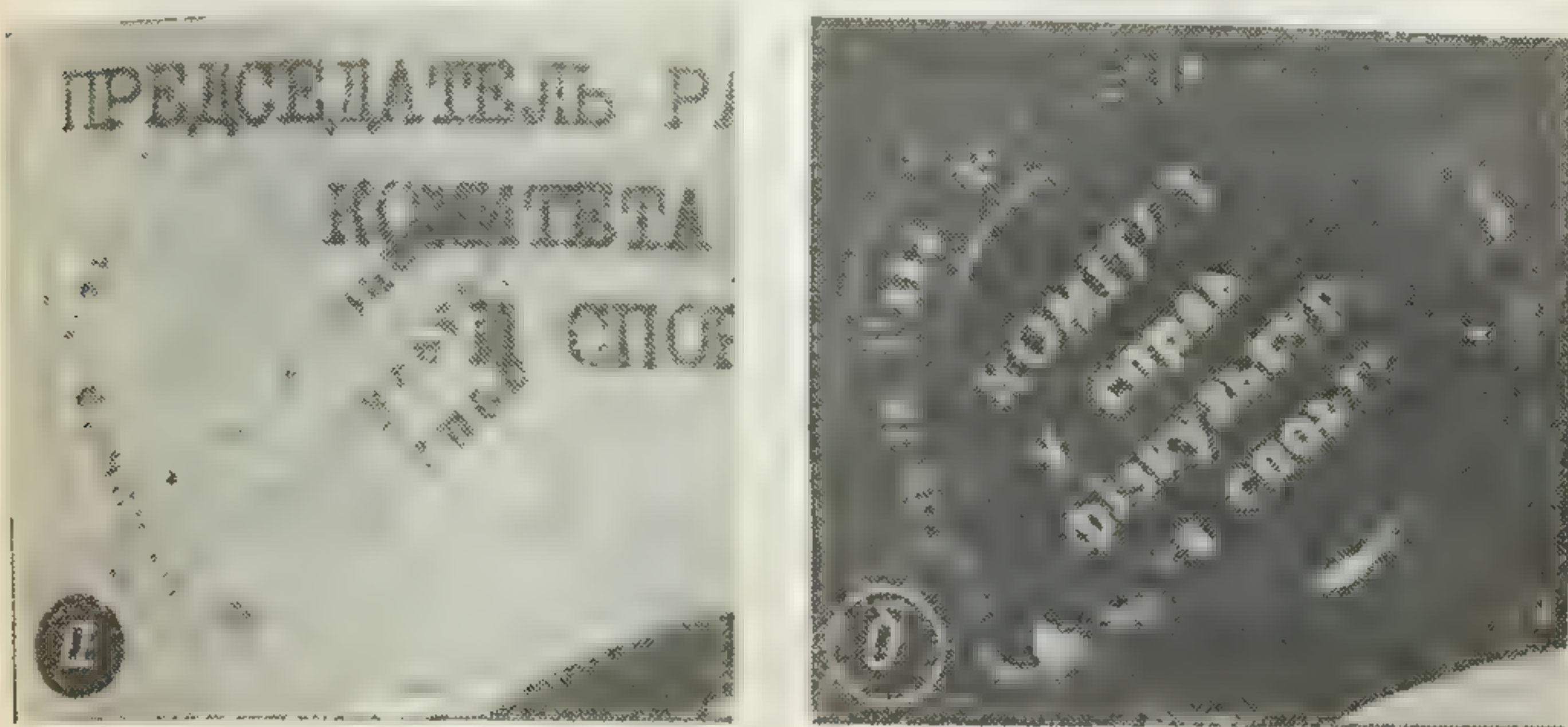


Рис. XVIII—12. Фотоснимок ИК люминесценции слабовидимого оттиска печати:

а — фотоснимок, б — снимок инфракрасной люминесценции

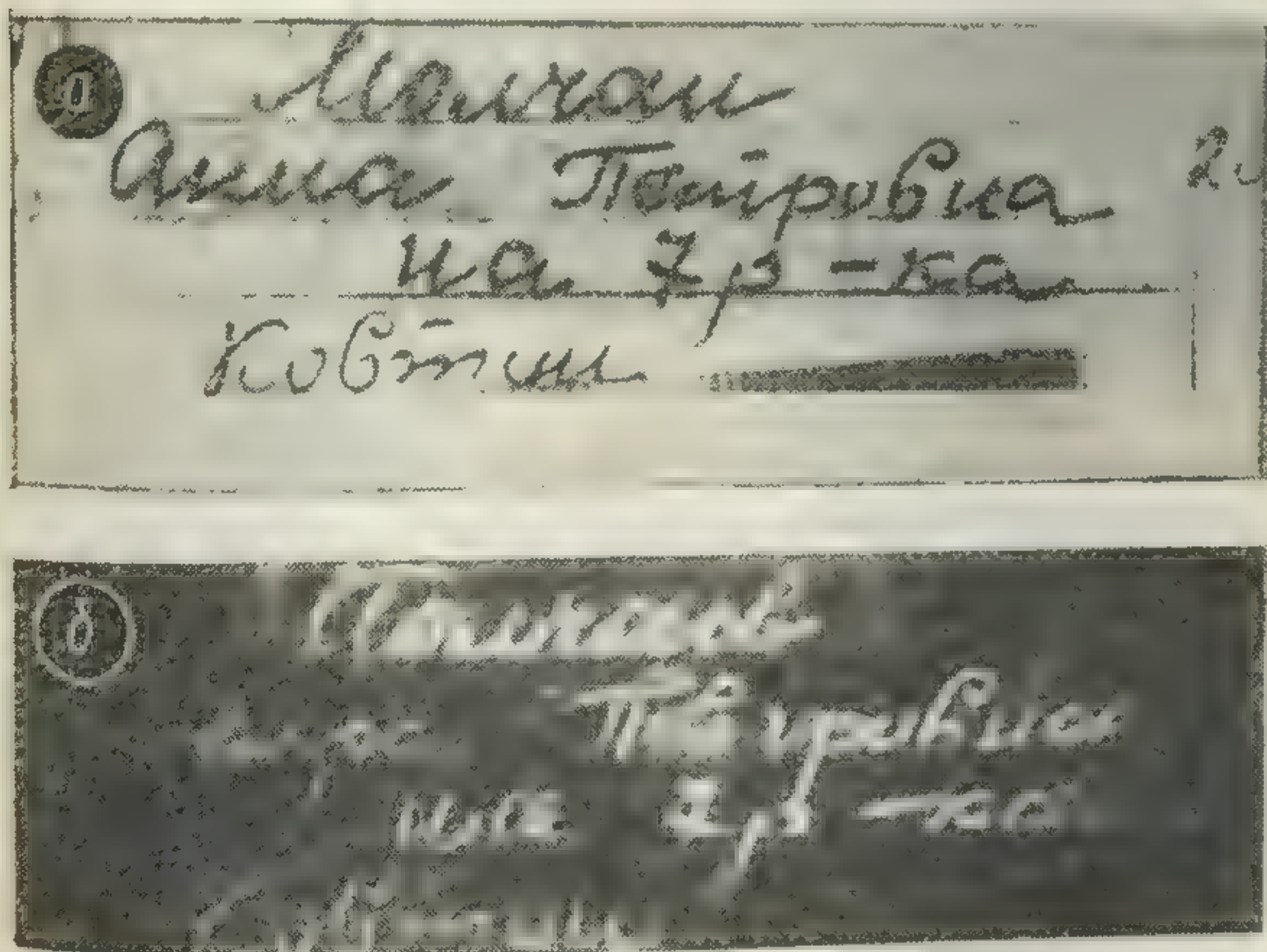


Рис. XVIII—13. ИК люминесценция вытравленного текста:
а — фотоснимок, б — снимок инфракрасной люминесценции

б) При выявлении слабо различаемых и плохо видимых записей в том случае, если записи, оттиски штам-

пов и печатей были произведены красителями, обладающими инфракрасной люминесценцией (рис. XVIII—12).

в) При выявлении удаленных механическим путем и вытравленных (рис. XVIII—13) записей, написанных чернилами или карандашом, краситель которого обладает красной или инфракрасной люминесценцией. Если подвергался удалению (вытиранию, выскабливанию) текст, написанный копировальным или графитно-копировальным карандашом, то перед исследованием полезно увлажнить документ, например, приложив к нему смоченную фильтровальную бумагу. Хорошие результаты могут быть получены также при фотографировании люминесценции стертых или замытых надписей на дереве и текстильных тканях.

г) При сравнительном исследовании материалов документов. В этом случае инфракрасная люминесценция является вспомогательным методом, позволяющим отличать чернила и карандаши по наличию люминесценции.

Для дифференциации чернил в штрихах, в частности, изготовленных из красителя основного фиолетового, иногда хорошие результаты дает наблюдение красной люминесценции через светофильтры КС-15 и КС-17. Не все чернила, люминесцирующие в инфракрасной части спектра, при возбуждении лучами видимого участка спектра с длиной волны до 650 мкм обладают люминесценцией в красной части спектра. Фотографирование в этом случае производится на пластинках «панхром».

д) При выявлении залитых и замазанных записей.

Если текст был написан чернилами, обладающими инфракрасной люминесценцией, а затем был залит такими же чернилами, то в местах, где находился первоначальный текст, люминесценция чернил гасится, благодаря чему залитый текст выступает темным на светлом фоне. Это обстоятельство позволяет прочесть текст, написанный и залитый теми же самыми чернилами. Такая же картина наблюдается и в том случае, когда текст написан нефлуоресцирующими чернилами, а залит чернилами, обладающими инфракрасной люминесценцией.

е) При выявлении признаков предварительной подготовки в скопированных подписях и текстах. В тех случаях, когда подпись была скопирована карандашом или с помощью копировальной бумаги, а затем наведена чернилами, обладающими красной или инфракрасной

люминесценцией, на полученных фотоснимках одновременно хорошо видны и светлые штрихи люминесцирующих чернил и темные карандашные штрихи предварительной подготовки (рис. XVIII—14).

ж) При исследовании изменений и исправлений, в частности, когда они произведены теми же чернилами, которыми написан весь текст. Наведенные штрихи и части штрихов вследствие гашения люминесценции получают на фотоснимках значительно более темными, чем штрихи, не подвергавшиеся повторной наводке.

з) Значительное количество текстильных тканей обладает инфракрасной люминесценцией, причем это свойство не связано определенным образом с цветом ткани. Это обстоятельство позволяет использовать инфракрасную люминесценцию при сравнительном исследовании текстильных тканей с целью установления их групповой принадлежности.

и) Хлорофилл, содержащийся в зеленых листьях растений, обладает интенсивной инфракрасной люминесценцией. Этим можно воспользоваться для решения вопроса, нет ли на одежде (или ином предмете) следов, указывающих на то, что она соприкасалась с зелеными листьями или травой.

б) Применение качественных флуоресцентных реакций. Эти методы применяются к объектам, которые либо сами по себе не флуоресцируют, либо хотя и флуоресцируют, но флуоресценция их недостаточно характерна для каких-либо выводов.

Применяя химические реактивы при исследовании, необходимо проверить их на отсутствие флуоресценции,



Рис. XVIII—14. Штрихи предварительной подготовки в подписях:

а — фотоснимок, б — снимок инфракрасной люминесценции

так как нередко они могут содержать в себе незначительные примеси, обуславливающие их флуоресценцию.

Часто показательными оказываются наблюдения над изменением флуоресценции под действием кислот и щелочей. В тех случаях, когда флуоресцирующее вещество обладает кислотными или основными свойствами, наблюдается обратимое изменение цвета или яркости флуоресценции в зависимости от рН среды. Этот прием нередко оказывается полезным при сравнительном исследовании различных веществ, когда сходство или различие в цвете флуоресценции еще не дает оснований для каких-либо выводов.

Сюда могут быть также отнесены методы обнаружения следов крови по красно-оранжевой люминесценции, которую она дает при действии на нее некоторых реактивов.

Для этого на исследуемое место наносят одну-две капли концентрированной серной кислоты, после чего избыток кислоты нейтрализуется аммиаком. При этом наблюдается блестящая карминово-красная люминесценция уже в том случае, если было обработано кислотой 0,5 мг 0,1 %-ного раствора крови.

По другой методике предполагаемое кровяное пятно смачивают сперва каплей уксусной кислоты, а затем каплей тиосульфата натрия.

По данным Н. П. Платова характерная люминесценция при возбуждении синим светом наблюдалась при разведении крови до 1 : 10 000 в водном растворе и до 1 : 2000 на текстильных тканях. Замывание водой, стирка с мылом, кипячение с содой, проглаживание горячим утюгом снижают люминесценцию, но не уничтожают ее. Растворители (спирт, эфир, бензин, ацетон) практически не влияют на люминесценцию.

Флуоресцентные реакции на кровь могут быть с успехом использованы в качестве предварительной пробы; в случае положительного результата реакции необходимо дополнительное микроспектральное исследование.

в) Наблюдение вторичной (извне привнесенной) люминесценции.

В этих случаях люминесценция обусловлена извне привнесенным веществом и не является характерной для объекта.

Методы, относящиеся к данному приему, могут быть разделены на несколько групп:

- а) подкрашивание жидкой среды;
 - б) прокрашивание твердой среды;
 - в) применение флуоресцирующих опылителей;
- сюда же могут быть отнесены:
- г) методы, использующие явление гашения люминесценции.

Метод подкрашивания флуоресцирующими веществами жидкой среды заключается в том, что к жидкости добавляют незначительные количества флуоресцирующего вещества, после чего по свечению жидкости судят о ее распространении в твердой среде. Этот метод применяется для определения водонепроницаемости бумаги, обнаружения ненаблюдаемых глазом трещин в различных предметах и т. д.

При исследовании пломб, если необходимо установить, не нарушена ли ценность бичевы внутри пломбы, один из концов бичевы опускают в стаканчик со слабым раствором флуоресцирующего красителя (0,1%-ный раствор флуоресцеина в щелочной среде, риваноля, эозина, родамина, акрихина и др.) и наблюдают в ультрафиолетовых лучах за поднятием жидкости по капиллярам бичевы. Если разрыва бичевы внутри пломбы нет, то жидкость проникает в свободный конец бичевы, что будет обнаружено благодаря яркой люминесценции красителя.

Этот же прием может быть использован для изучения капиллярных свойств при сравнительном исследовании бумаги, картона, древесины, текстильных тканей и т. п.

Широко применяется прокрашивание твердой среды при помощи флуоресцирующих красителей — флуорохромов. Особенно часто пользуются флуорохромами в люминесцентной микроскопии. Применение флуорохромов позволяет выявить различие между объектами, неразличимыми иным способом.

Так, при исследовании текстильных тканей с целью различия волокон льна от волокон хлопка образец насыщается 0,5%-ным раствором гидроксихинолинсульфата, промывается, погружается затем в 5%-ный раствор едкого натра и рассматривается при освещении ультрафиолетовыми лучами. Хлопок при этом флуоресцирует фиолетовым цветом, а лен дает яркую флуоресценцию канареечно-желтого цвета.

При окраске тиюфлавином или примулиновой желтой волокон искусственного шелка можно отличать волокна

вискозного шелка от волокон ацетатного шелка. В то время как первые дают желтовато-зеленое свечение, последние обнаруживают голубую флуоресценцию.

Различные сорта глины, не различающиеся друг от друга по внешнему виду, резко отличаются между собой по их флуоресценции после смачивания растворами флуоресцирующих красителей.

Флуоресцирующие опылители нашли себе применение в криминалистике для выявления пальцевых отпечатков, находящихся на пестрых, многоцветных поверхностях. Обычно применяющиеся для выявления пальцевых отпечатков порошки, как, например, графит, аргенторат и др., в данном случае не дают удовлетворительных результатов, так как полученные снимки вследствие пестроты фона мало пригодны для проведения исследования.

Опыляя пальцевые отпечатки флуоресцирующими порошками — антраценом, флюореном и др., возможно получить фотоснимки картины люминесценции отпечатков, на которых совершенно не сказывается мешающее влияние фона.

Явление гашения люминесценции заключается в том, что в результате действия некоторых веществ на флуоресцирующее вещество интенсивность люминесценции его снижается и даже вообще свечение может прекратиться.

Как указывает акад. А. Н. Теренин, наиболее типичными тушителями являются различные анионы, в особенности ион I^- , но тушат также катионы Ag^+ , Cu^{++} , Fe^{++} и нейтральные молекулы (анилин, гидрохинон).

Известны примеры, когда одно и то же вещество в одном случае является тушителем флуоресценции, в то время как в другом оно обладает обратным действием. Так, ионы $Bг$ тушат флуоресценцию сернокислого хинина, слабо действуют на раствор эскулина и сильно повышают флуоресценцию сернокислого таллия в водном растворе. Существенное значение для тушения флуоресценции имеют свойства растворителя и в первую очередь его вязкость.

М. В. Салтевский исследовал возможность использования явления гашения люминесценции для прочтения текстов, написанных, а затем залитых фиолетовыми чернилами, представляющими собой раствор

красителей
следующих
или

или

или

или III

После
ультрафиол
ступал в в
результаты
написан на
№ 1», и худ
державшей д
По данн
люминесцир
вергавшееся
ных текстов,
чения в ме
благодаря че
темные начер
Для этой
раствор №

раствор № 2

раствор № 3

красителя основного фиолетового К. С этой целью исследуемое место документа смачивалось одним из следующих растворов:

или I	Воды дистиллированной	10 мл
	Метола	0,1 г
	Натрия сернокислого	1,0 »
	» углекислого	1,0 »
	Серебра бромистого	0,4 »
или II	Воды дистиллированной	10 мл
	Метола	0,1 г
	Натрия сернокислого	0,5 »
	» углекислого	0,5 »
	Серебра бромистого	0,04 г
или III	Воды дистиллированной	10 мл
	Флуоресцеина	0,005 г
	Аммиака	2 капли

После высушивания документ рассматривался в ультрафиолетовых лучах. При этом залитый текст выступал в виде темных букв на светлом фоне. Лучшие результаты получались в тех случаях, когда текст был написан на бумаге высокого качества типа «писчая № 1», и худшие, когда текст был написан на бумаге, содержащей древесную массу.

По данным С. Г. Барденштейн при нанесении люминесцирующего раствора на место документа, подвергавшееся травлению, для восстановления вытравленных текстов, происходит уменьшение интенсивности свечения в месте расположения вытравленных записей, благодаря чему на люминесцирующем фоне появляются темные начертания букв.

Для этой цели применялись следующие растворы:

раствор № 1	флуоресцеина	0,001 г
	25%-ного раствора аммиака в воде . .	1 мл
	воды дистиллированной	10 »
раствор № 2	9-аминоакридина	0,001 г
	спирта этилового	1 мл
	воды дистиллированной	10 »
раствор № 3	люцигинин бромида	0,0006 г
	воды дистиллированной	10 мл

раствор № 4	метола	0,1 г
	натрия сернокислого	0,5 г
	» углекислого	0,05 г
	серебра бромистого	0,04 г
	воды дистиллированной	10 мл

Растворы № 1, 2, 3 могут сохраняться в течение 5—7 дней, раствор № 4 нестойк, должен изготавливаться непосредственно перед применением и храниться в флаконе из темного стекла.

Сама методика восстановления вытравленных записей состояла из следующих операций:

1. Исследование документа в ультрафиолетовых лучах для локализации мест травления и проверки возможностей восстановления записей без люминесцирующих составов.

2. Приготовление люминесцирующего раствора и нанесение его на место, подвергавшееся травлению. Раствор должен наноситься равномерно влажным тампоном.

3. Сушка документа при комнатной температуре.

4. Предварительное облучение документа, нефiltroванным излучением ртутно-кварцевой лампы в течение 25—30 мин.

5. Исследование люминесценции документа в фильтрованных ультрафиолетовых лучах.

В том случае, если после 30-минутного предварительного облучения штрихи выступают очень слабо и не могут быть прочитаны, следует операцию повторить сначала.

Если применялся раствор флуоресценна и в результате действия его на бумаге образовалось светло-желтое пятно, оно легко может быть удалено промыванием водой.

Пользуясь люминесцирующими растворами, возможно восстановить записи, исполненные фиолетовыми чернилами (краситель основной фиолетовый), красными чернилами (краситель — эозин), зелеными чернилами (краситель — бриллиантовый зеленый, малахитовый зеленый). Что касается записей, исполненных другими красителями, то вероятность восстановления их указанными растворами мала.

На результат восстановления влияет целый ряд при-

чин, как, например, состав красителя, состав травящих веществ и длительность их воздействия, условия хранения документа, давность, состав бумаги, характер ее проклейки и др.

При восстановлении текстов на сгоревших документах по данным З. А. Ковальчук наилучшие результаты получаются при следующей методике исследования:

а) исследуемый обуглившийся документ смачивается 20—30%-ным раствором веретенного масла в бензине;

б) после обработки указанным составом документ подвергается в течение 10—20 мин. облучению нефилтрованным излучением ртутно-кварцевой лампы;



Рис. XVIII—15. Применение флуоресцир. индикаторов для сгоревших документов:
а — обычный, б — флуоресцентный снимок

в) исследуется люминесценция документа в ультрафиолетовых лучах, прошедших через фильтр УФС-2, пропускающий не только длинно-, но и средневолновые ультрафиолетовые лучи. При этом фон просветляется и на нем выступают темные штрихи, по которым в ряде случаев можно восстановить тексты, исполненные анилиновыми чернилами (рис. XVIII—15).

§ 9. Катодо- и рентгенолюминесценция

В отличие от фотолюминесценции, при катодолюминесценции флуоресцентное излучение возбуждается катодными лучами, представляющими собой поток быстролетающих электронов. Хорошие результаты этот метод дает при исследовании минералов; люминесценция органических веществ под действием катодных лучей наблюдается сравнительно редко. При криминалистических исследованиях катодолюминесценция еще не нашла практического применения.

Простейшая установка для наблюдения катодолюминесценции представляет собой стеклянный сосуд с боковой отводной трубкой для откачивания воздуха. В дно сосуда впаян анод, состоящий из стержня с пластинкой, на которую кладут исследуемый объект. Катодом служит вставляемая вместе с крышкой вторая металлическая пластинка.

После укладки объекта закрывается крышка и сосуд откачивается при помощи насоса до давления 10^{-2} — 10^{-3} мм ртутного столба, после чего к электродам прикладывается высокое напряжение порядка 15—20 тыс. вольт от индукционной катушки или прибора д'Арсонваля медицинского типа.

Г. Ф. Комовским и Е. Г. Разумной описана установка, позволяющая исследовать катодолюминесценцию при увеличении в 100—150 раз под микроскопом.

Наряду с потоком электронов для возбуждения люминесценции могут быть использованы также и рентгеновские лучи. К веществам, флуоресцирующим под действием рентгеновских лучей, относятся: сернистый цинк, вольфрамат кальция, платиново-синеродистый барий, силикат цинка и другие. Вследствие своей сложности — необходимость рентгеновской установки и громоздкость исследования — метод этот не нашел себе сколько-нибудь широкого применения в криминалистике. В литературе описан случай, когда по различию в рентгенолюминесценции исследуемой картины и подписи на ней было установлено различие в масле, примененном для написания картины и для дорисовки подписи.

Химия
известны
свечение
В кр
примен
предмета
Подоз
затора су
гидразид
0,5% пер
кислым
пятне сод
хемилюми
жающее
как полез
кровь, ос
личине, с
иным вещ
ных предм
С. И. В
М. А.
анализ, М.,
Н. А. К
оптики. Сб
М.—Л., 1951
Б. Р. К
экспертиза»,
М. Н. М
гических исс
Д. А. Ш
СССР». (Сер
З. М. С
В. Г. Д
конференции
В. М. Бе
В. А. За
А. Л. О
№ 6, стр. 104.
Е. Б. В. Те
1948. Герке

§ 10. Хемилюминесценция

Хемилюминесценцией называется явление люминесценции тел в результате химических реакций. Хорошо известным примером хемилюминесценции является свечение в темноте гнилушек дерева.

В криминалистике хемилюминесценция нашла себе применение для выявления следов крови на различных предметах.

Подозрительное место обрабатывается из пульверизатора смесью 0,1%-ного водного раствора хлоргидрата гидразида 3-аминофталевой кислоты, содержащего 0,5% перекиси натрия или 5% перекиси водорода с углекислым натрием. В том случае, если в исследуемом пятне содержится кровь, наблюдается яркое свечение — хемилюминесценция голубовато-белого цвета, продолжающееся несколько минут. Способ этот рекомендуется как полезное дополнение к уже имеющимся пробам на кровь, особенно в тех случаях, когда пятна малы по величине, смешаны с грязью, золой, нефтью, краской или иным веществом и находятся на темных или загрязненных предметах.

ЛИТЕРАТУРА

- С. И. Вавилов, О теплом и холодном свете, М., 1949.
М. А. Константинова-Шлезингер, Люминесцентный анализ, М., 1948.
Н. А. Капцов и Д. А. Гоухберг, «Проблемы физической оптики. Сборник статей, посвященных памяти С. И. Вавилова», М.—Л., 1951, стр. 219—249.
Б. Р. Киричинский, «Криминалистика и научно-судебная экспертиза», Сб. 3, Киев, 1949.
М. Н. Мейсель, «Современные методы и техника морфологических исследований», Медгиз, Л., 1955, стр. 74.
Д. А. Шкловер и Р. С. Иоффе, «Известия Академии наук СССР». (Серия физическая), 1957, вып. 21, № 4, стр. 619.
З. М. Свердлов, там же, стр. 623.
В. Г. Дроздов, Рефераты докладов объединенной научной конференции Киевского и Харьковского НИИСЭ, Киев, 1956.
В. М. Бергольц, Люминесцентная микроскопия, Медгиз, 1953.
В. А. Замков, «Микробиология», М., 1948.
А. Л. Ошерович, «Приборы и техника эксперимента», 1957, № 6, стр. 104.
Н. В. Терзиев, Б. Р. Киричинский, А. А. Эйсмэн, Е. Б. Геркен, Физические исследования в криминалистике, М., 1948.

М. А. Бронникова, Судебно-медицинское исследование вещественных доказательств, Медгиз, 1947.

Н. П. Платов, «Сборник статей и рефератов Саратовского отделения Всесоюзного научно-исследовательского общества судебных медиков и криминалистов», Саратов, 1955.

А. Н. Теренин, Фотохимия красителей, М., 1947.

М. В. Салтевский, Вопросы советской криминалистики, Сб., М., 1951.

З. А. Ковальчук, Рефераты докладов объединенной научной конференции Киевского и Харьковского НИИСЭ, Киев, 1956.

М. Г. Богословский, П. В. Савицкая и М. Г. Соломина, «Советская геология», 1938 г. № 8, стр. 99.

Г. Ф. Комовский и Е. Г. Разумная, «Советская геология», 1938 г. № 11, стр. 111.

А. Шишловский, Люминесцентный анализ, Київ, 1939.

А. В. Москвин, Катодолюминесценция, чч. 1 и 2, Гостехиздат, М.—Л., 1948.

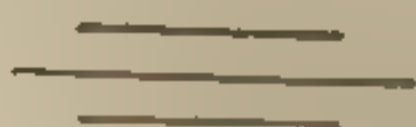
М. Г. Богатырев, «Рефераты докладов 2-й расширенной конференции общества судебных медиков и криминалистов», Киев, 1956.

Н. М. Зюскин, «Рефераты докладов 2-й расширенной конференции общества судебных медиков и криминалистов», Киев, 1956.

Б. Р. Киричинский, «Криминалистика и научно-судебная экспертиза», вып. 2, Киев, 1948.

Б. И. Вахлис и Б. Р. Киричинский, «Криминалистика и научно-судебная экспертиза», вып. 3, Киев, 1949.

М. Ed. O'Neil, Journal of Criminal Law and Criminology, 1943, 38, № 5, p. 425



ИСС

Рент

ном спек
сторон
деленно

спектра,
= 10^{-8} с
область
лучей.

В на
стях на
часть ре
с длиной
тонкими
с длиной
шими ск
метров.

В пер
позже и
ственных
стой мето
метод про
устанавли
хождения,
других ма

Глава XIX

ИССЛЕДОВАНИЯ В РЕНТГЕНОВСКИХ ЛУЧАХ

§ 1. Рентгеновские лучи и возможности использования их при криминалистических исследованиях

Рентгеновские лучи расположены в электромагнитном спектре между ультрафиолетовыми лучами, с одной стороны, и гамма-лучами — с другой. Если можно с определенностью указать начало рентгеновской области спектра, лежащее около 100 \AA (1 ангстрем) $\text{\AA} = 10^{-8} \text{ см}$), то невозможно указать, где заканчивается область рентгеновских и начинается область гамма-лучей.

В настоящее время в самых разнообразных областях науки и техники широко используется значительная часть рентгеновской области спектра, начиная от лучей с длиной волны в несколько ангстрем, поглощаемых уже тонкими слоями воздуха, и кончая жесткими лучами с длиной волны в тысячные доли ангстрема, проникающими сквозь слои железа толщиной в десятки сантиметров.

В первую очередь в судебной медицине, а несколько позже и при криминалистическом исследовании вещественных доказательств был использован наиболее простой метод исследования в рентгеновских лучах — метод просвечивания. Рентгеновские лучи позволили устанавливать устройство объектов неизвестного происхождения, обнаруживать частицы металла в дереве и других материалах, выявлять внутреннее устройство

боеприпасов и т. д. В дальнейшем стали применяться такие разновидности метода просвечивания, как микрорентгенография, позволившая получать увеличенные снимки объектов малых размеров, и стереорентгенография, дающая объемные рентгенограммы изучаемых объектов.

Кроме метода просвечивания, для целей исследования вещественных доказательств и, в первую очередь, для расширения возможностей криминалистической идентификации стали применяться рентгеновский структурный и спектральный анализы.

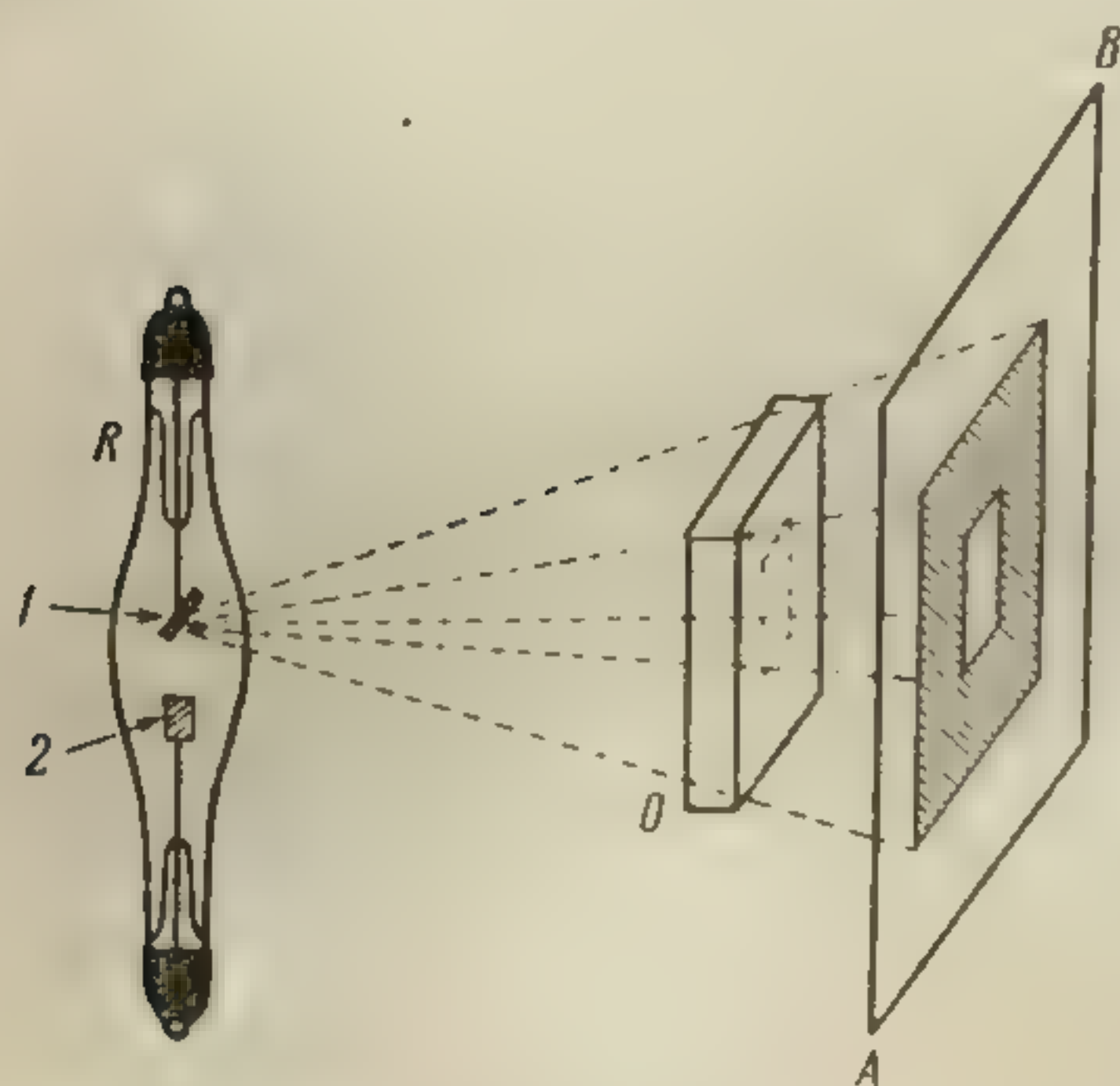


Рис. XIX—1. Схема просвечивания рентгеновскими лучами

Начала использоваться также новая разновидность метода просвечивания — получение изображений при помощи электронов, освобожденных рентгеновскими лучами из самого исследуемого объекта или свинцовой пластинки — фотоэлектронография.

Источником рентгеновских лучей, применяемых при криминалистических исследованиях, является электронная рентгеновская трубка, схематическое изображение которой представлено на рис. XIX—1. Основными частями трубки являются: стеклянный баллон, из которого выкачан воздух, и два электрода — анод (1) и катод (2), соединенные, соответственно, с положительным и отрицательным полюсами источника тока высокого напряжения (порядка нескольких десятков тысяч вольт).

Катод трубки представляет собой вольфрамовую спираль, подобную нити накаливания электрической лампочки. При помощи источника тока нить может быть нагрета до высокой температуры. Как известно, раскаленные тела обладают свойством испускать электроны в тем большем количестве, чем выше их температура.

Анод рентгеновской трубки в большинстве случаев представляет собой пластинку тугоплавкого металла — вольфрама, приваренную к медному стержню (медь взята для лучшего отвода тепла от анода).

Электроны, испускаемые катодом, под влиянием сил электрического притяжения, устремляются с огромной скоростью к положительно заряженному аноду. При резком торможении в поле ядер вещества анода большая часть энергии электронов идет на увеличение теплового движения атомов вещества анода и, следовательно, на повышение его температуры, а меньшая часть (1—2%) переходит в энергию рентгеновского излучения.

Чем выше напряжение на трубке, тем больше скорость электронов и тем короче длина волны полученных рентгеновских лучей.

Возникающее в трубке излучение по своему составу неоднородно; оно состоит из лучей различных длин волн, в зависимости от того, какая часть энергии электронов переходит в энергию рентгеновских лучей. Лучи с самой короткой длиной волны возникают в том случае, если вся энергия электрона переходит в энергию кванта рентгеновского излучения.

Полученная при этом длина волны может быть определена из соотношения:

$$\lambda_{\min} = \frac{12,34}{u} \text{ \AA},$$

где λ_{\min} — наименьшая длина волны излучения трубки;
 u — напряжение на трубке в киловольтах максимальных. Наибольшая интенсивность излучения трубки соответствует длине волны, равной примерно $1,5\lambda_{\min}$.

§ 2. Свойства рентгеновских лучей

Главнейшими свойствами рентгеновских лучей, используемыми при криминалистических исследованиях, являются следующие:

1. Рентгеновские лучи распространяются прямолинейно во все стороны от фокуса трубки (то место анода, куда попадают электроны и где возникают рентгеновские лучи), причем интенсивность их убывает пропорционально квадрату расстояния от фокуса трубки.

Направление пучка рентгеновских лучей не может быть изменено при помощи линз или зеркал, как это имеет место для лучей видимых, инфракрасных и ультрафиолетовых.

2. Значительная проникающая способность. Рентгеновские лучи проходят через картон, дерево и ряд других предметов, непрозрачных для видимого света. При этом они частично поглощаются, частично рассеиваются.

Поглощение рентгеновских лучей зависит от длины волны (которая, в свою очередь, зависит от напряжения, приложенного к трубке) и атомного номера (т. е. порядкового номера в системе элементов Менделеева) вещества объекта.

Величина, характеризующая поглощение рентгеновских лучей в том или ином веществе, — коэффициент поглощения, пропорционален третьей степени длины волны и атомного номера вещества. Чем короче длина волны (соответственно, чем выше напряжение, приложенное к трубке), тем больше проникающая способность рентгеновских лучей. Поэтому часто рентгеновские лучи делят на длинноволновые или мягкие, обладающие малой проникающей способностью, и коротковолновые — жесткие.

К мягким относят лучи, длина волны которых более $0,7 \text{ \AA}$. Эти лучи поглощаются уже обыкновенным стеклом, и потому применяемые для их получения трубки имеют для выхода лучей окно из материала, прозрачного для этих лучей — гетанового стекла или бериллия.

Благодаря различному поглощению рентгеновских лучей веществами, отличающимися по своему атомному номеру и плотности, они нашли себе широкое применение в медицине для просвечивания больных с целью установления состояния внутренних органов, переломов костей, наличия инородных тел, а также в технике для обнаружения внутренних дефектов в отливках, исследования качества сварных швов и в других случаях.

При прохождении через вещество, кроме поглощения, происходит также частичное рассеивание рентгеновских лучей, подобно тому, как рассеивается свет, проходящий через мутную среду. Рассеянные рентгеновские лучи идут по всем направлениям и, налагаясь на лучи, прошедшие через объект, могут значительно ухудшить качество рентгеновского изображения. Особенно сильно сказывается действие рассеянных лучей при просвечивании объектов большого объема жесткими рентге-

новскими лучами (при напряжениях на трубке более 70—80 киловольт).

В этих случаях принимают специальные меры для уменьшения количества рассеянных лучей. Наиболее действенными мерами являются — ограничение пучка используемых рентгеновских лучей при помощи тубусов и применение специальных решеток, поглощающих рассеянные лучи.

3. Рентгеновские лучи обладают способностью вызывать свечение в различных телах. Так, нанесенный на картон тонкий слой силиката цинка или сульфидов цинка и кадмия светится под действием рентгеновских лучей желто-зеленым светом.

Если между рентгеновской трубкой и указанным листком картона поместить какой-либо объект, например руку, то кости руки задержат рентгеновские лучи сильнее, а мышцы — слабее, и на экране получится теневое изображение скелета.

Описанный метод исследования в рентгеновских лучах называется рентгеноскопией. Схема его показана на рис. XIX—1. Применяемые для этой цели экраны покрыты смесью сульфидов цинка и кадмия. Даваемое ими свечение по своему спектральному составу соответствует максимуму чувствительности человеческого глаза. Яркость свечения экрана измеряется в условных единицах и у хороших экранов составляет более 200 ед. Она значительно уменьшается, если экраны подвергнуть действию прямого солнечного или яркого рассеянного дневного света. Поэтому в нерабочее время их следует закрывать чехлами или заслонками.

4. Рентгеновские лучи обладают фотографическим действием, подобным действию лучей видимой части спектра и ультрафиолетовых. К рентгеновским лучам чувствительны все виды фотоматериалов. Благодаря этому возможно получать фотографические снимки той теневой картины, которая наблюдается при просвечивании исследуемых тел. Этот метод исследования называется рентгенографией.

Для увеличения чувствительности и повышения контрастности снимков рентгеновскую пленку изготавливают двухсторонней, т. е. поливают эмульсией с обеих сторон и для сокращения экспозиции укладывают в кассету между двумя так называемыми усиливающими экранами.

Усиливающие экраны представляют собой листы картона, покрытые слоем вольфрамата кальция или кадмия, светящегося сине-фиолетовым светом под действием рентгеновских лучей.

Светящийся слой экрана прилегает вплотную к эмульсионному слою пленки. Благодаря этому к непосредственному действию лучей на пленку добавляется еще действие видимого излучения светящегося экрана.

Усиливающие экраны позволяют сократить экспозицию в несколько десятков раз и потому нашли себе широкое применение в медицинской рентгенографии. Недостатком является то, что рассеяние света в слое вещества экрана приводит к ухудшению резкости изображения. Поэтому, когда необходимо получить резкие снимки, их производят без усиливающих экранов.

Нашей промышленностью выпускается рентгеновская пленка двух типов — «Х» и «ХХ». Первая предназначена для получения снимков с экранами, вторая для безэкранных снимков. Пленка «Х» с успехом может быть применена и для производства рентгеновских снимков без усиливающих экранов.

Чувствительность рентгеновской пленки выражается в «обратных рентгенах» и представляет собой величину, обратную той дозе рентгеновских лучей (измеренной в рентгенах), которая необходима для получения почернения 0,85 над вуалью. Обычно применяемая пленка «Х» имеет чувствительность порядка 180—250 обратных рентгенов.

5. Рентгеновские лучи оказывают действие на живой организм (биологическое действие). Это свойство нашло широкое применение в рентгенотерапии для лечения заболеваний. Вместе с тем оно является вредным при продолжительном действии рентгеновских лучей на организм, изменяя состав крови, вызывая ожоги и тяжелые заболевания. Поэтому при работе с рентгеновскими лучами принимают специальные меры для защиты работников. Так, например, рентгеновские трубки помещают в специальные кожухи, поглощающие неиспользуемые лучи, за экраном для просвечивания устанавливают стекло, содержащее соли свинца, и потому сильно поглощающие рентгеновские лучи, благодаря чему лучи, прошедшие через экран, не попадают на наблюдателя. Вредным является не только непосредственное попадание

пучка рентгеновских лучей на организм работника, но и рассеянных лучей, возникающих в просвечиваемых объектах.

Поэтому не следует без крайней необходимости подвергаться облучению рентгеновскими лучами. При производстве снимков необходимо находиться на возможно большем расстоянии от трубки, лучше всего за специальной защитной ширмой, изготовленной из свинцовой резины или иного материала, поглощающего рентгеновские лучи.

В современных рентгеновских кабинетах защита от лучей рассчитывается таким образом, чтобы получаемая работником доза не превышала определенной величины (так называемой максимально допустимой дозы).

§ 3. Рентгеновские аппараты

К рентгеновским аппаратам в криминалистических лабораториях, в первую очередь, предъявляется требование универсальности, т. е. возможности использования их для самых разнообразных исследований как в мягких, так и в жестких лучах.

Максимальная сила тока, на которую рассчитан аппарат, и его мощность не имеют существенного значения, так как от них зависит не область применения аппарата, а только величина экспозиций при снимках. Маломощные аппараты, занимающие мало места и не требующие особого ухода и специальной подводки тока, являются вполне подходящими для целей исследования вещественных доказательств.

Чтобы обеспечить все потребности криминалистической лаборатории, желателен аппарат, позволяющий работать в достаточно большом интервале напряжений — от 4—5 до 150 киловольт (кв), для проведения исследований и в мягких, и в жестких рентгеновских лучах. В настоящее время нашей промышленностью изготавливаются аппараты для напряжений: 10—60, 50—100 и 80—200 кв. Наиболее распространены аппараты для медицинских целей (рентгенодиагностические) для напряжений 50—100 кв. Они непригодны для просвечивания замков, в которых толщина слоя металла более 1,5 см, и не позволяют работать в области мягких лучей.

Из изготавливаемых в СССР для криминалистических лабораторий наиболее подходящими являются следующие типы рентгеновских аппаратов:

1. Переносные рентгеновские аппараты РУ-560 и РУ-760.

2. Передвижные рентгеновские аппараты типа РУ-725, РУ-735 и РУ-780.

3. Аппарат РУД-100-20-1.

4. Терапевтический аппарат для близкофокусного облучения типа РУМ-7.

Само собой разумеется, в криминалистических лабораториях могут быть использованы и иные типы отечественных и иностранных рентгеновских аппаратов.

Рассмотрим некоторые из этих аппаратов.

Переносный рентгеновский аппарат РУ-560 иначе называется «чемоданным». В этом аппарате вся высоковольтная часть, включающая в себя рентгеновскую трубку и трансформатор высокого напряжения, заключена в один общий кожух, наполненный изолирующим трансформаторным маслом. Аппараты такого типа называются аппаратами с блок-трансформатором. Преимуществом этого типа аппаратов является надежность и безопасность от поражения током высокого напряжения. Аппарат вместе со всеми принадлежностями укладывается в два чемодана, общим весом около 40 кг.

Напряжение на трубке в этом аппарате не регулируется и составляет 65—67 кв. Сила тока 3 миллиампера при рентгеноскопии и до 10 миллиамперов при производстве снимков.

Указанные качества делают аппарат РУ-560 очень удобным для следственных целей (осмотра места происшествия, обыска и т. д.).

Для работы в условиях лаборатории аппарат этот менее удобен, так как, во-первых, не позволяет регулировать жесткость рентгеновских лучей и, во-вторых, вследствие недостаточной жесткости излучения не пригоден для просвечивания таких объектов, как замки, оружие, боеприпасы и т. п.

Аппараты типа РУ-735 являются наиболее подходящими для криминалистических лабораторий. К этому же типу относятся аппараты РУ-725, РУ-736 и РУ-780, отличающиеся друг от друга только деталями конструкции.

Высоковольтная часть этих аппаратов выполнена в виде блок-трансформатора. Конструкция штатива предусматривает возможность рентгеноскопии и получения рентгеновских снимков.

Аппарат, так же как и РУ-560, относится к категории безопасных аппаратов и позволяет работать при напряжениях до 95 кв и силе тока 3 миллиампера на режиме «просвечивания» и до 85 кв и 20 миллиампер на режиме «снимков». Мощность аппарата при работе на режиме снимков до 3,5 кв.

Напряжение регулируется при помощи переключателя в пределах 50—95 кв. Сила тока при просвечивании регулируется с помощью реостата накала, при снимках же у аппаратов РУ-725 и РУ-735 автоматически, благодаря наличию вибрационного стабилизатора, поддерживается постоянной, равной 20 миллиампер; в аппаратах РУ-780 сила тока при снимках регулируется вручную.

По сравнению с мощными диагностическими четырехкентронными аппаратами аппараты РУ-735 и РУ-780, позволяя проводить те же виды исследований, значительно менее громоздки, требуют меньшее помещение, более просты в обращении и предъявляют меньшие требования к качеству электрической проводки.

Тот недостаток аппарата, что он не позволяет работать с напряжением менее 60 кв, может быть у аппаратов РУ-735 и РУ-780 устранен следующим образом: открыв переднюю стенку пульта управления, отключают провод, присоединенный к восьмому контакту регулятора напряжения, и изолируют конец его при помощи изоляционной ленты. Затем, при помощи куска изолированного провода, соединяют восьмой контакт регулятора напряжения с крайним правым контактом сетевого корректора. Теперь при установке регулятора напряжения на восьмой контакт на трубке будет напряжение 30 кв. Восьмой контакт может быть использован для данной цели без всякого ущерба для работы аппарата, так как в наставлении к аппарату указывается, что пользоваться этим контактом при просвечивании (при старом включении) нельзя и, таким образом, он является в обычных условиях бесполезным.

Часть схемы аппарата приведена на рис. XIX—2, на котором пунктиром показано необходимое переключение для получения более мягких лучей.

Из других аппаратов, удобных для работы в условиях криминалистической лаборатории, можно указать на аппарат РУД-100-20-1 (старое обозначение РУМ-4). Аппарат этот более громоздок, чем РУ-735, но обладает тем преимуществом, что снабжается решеткой для устранения действия рассеянных лучей. Однако поль-

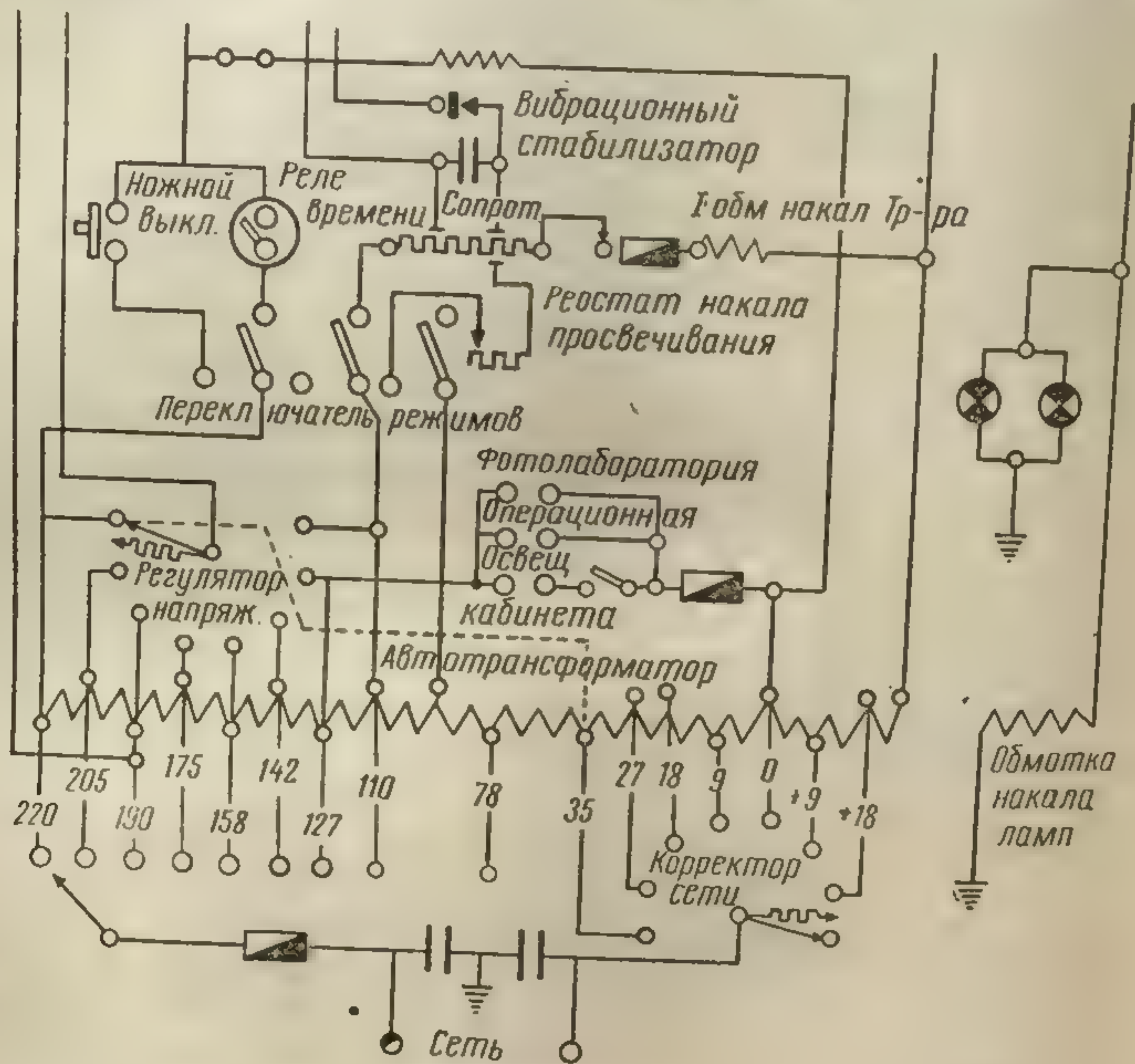


Рис. XIX—2.

зоваться этой решеткой при исследовании вещественных доказательств приходится редко и, кроме того, она в случае необходимости может быть приобретена отдельно от аппарата.

Для исследования в мягких рентгеновских лучах наиболее удобным является рентгеновский аппарат для близкофокусной терапии РУМ-7, рассчитанный на напряжение 10—60 кВ и силу тока до 20 ма.

Генераторное устройство вместе с пультом управления располагается на тележке и соединяется с трубкой в защитном кожухе посредством высоковольтного

кабеля. Аппарат снабжен рентгеновской трубкой типа 1 БПВ-60 с выходным окном для лучей из бериллия, очень слабо поглощающего даже самые мягкие рентгеновские лучи. Трубка во время работы охлаждается проточной (водопроводной) водой.

Для этой цели может быть использован также выпускавшийся ранее нашей промышленностью терапевтический аппарат типа Т-15-Б завода «Буревестник» с трубкой 0,1 БТК-15, снабженной гетановым окном для выхода рентгеновских лучей и работающей при напряжениях 5—15 кв.

Для просвечивания объектов большой плотности могут быть использованы рентгеновские аппараты РУМ-11 и РУП-1. Оба эти аппарата имеют одинаковую электрическую схему и отличаются только деталями устройства. Они дают возможность производить снимки при напряжениях до 200 кв (наименьшее напряжение, которое может быть на них получено — 80—100 кв), однако очень громоздки и требуют специально приспособленного помещения. Поэтому в случае необходимости просвечивания очень плотных объектов (например железные предметы толщиной более 12—15 мм) целесообразнее пользоваться радиоактивными изотопами (см. гл. XX).

§ 4. Рентгеновская лаборатория и ее оборудование

Для рентгеновской установки необходимо отдельное помещение с тем, чтобы при работе аппарата персонал не подвергался вредному действию рентгеновских лучей. В помещении этом не должны храниться фотоматериалы.

Размеры помещения целиком определяются типом аппарата и должны быть таковы, чтобы допускать удобный подход работника к аппарату со всех сторон. Для аппаратов типа РУ-735 минимальная площадь помещения 3×4 м.

При наличии двух рентгеновских установок (для мягких и для жестких лучей) обе они могут быть расположены в одном помещении.

Для рентгеноскопии окна помещения должны иметь светонепроницаемые шторы. Снимки могут производиться в светлом помещении. Подводка тока должна выдержи-

вать мощность, потребляемую аппаратом (для аппаратов типа РУ-735 до 3 ква). Необходимо также подвести и провод заземления для обеспечения безопасности работающих в случае какой-либо аварии аппарата. При рентгеновской лаборатории должна быть небольшая фотолaborатория для проявления рентгенограмм.

Из вспомогательного оборудования в рентгеновской лаборатории должны быть: кассеты, усиливающие экраны, куски свинца или свинцовой резины для экранирования пленки от рентгеновских лучей, центратор для правильной установки трубки, негатоскоп для рассматривания рентгенограмм и компенсаторы (см. ниже). Для хранения заряженных кассет с пленкой следует иметь ящик, обитый свинцовой резиной.

Правила ухода и обращения с рентгеновским аппаратом обычно изложены в прилагаемом к нему наставлении. Остановимся только на некоторых особенностях производства снимков криминалистических объектов.

Несмотря на то, что большинство аппаратов предназначено для работы в двух режимах — просвечивания и снимков, лучше производить снимки также на режиме просвечивания. Это вызывается тем, что фактическое напряжение на трубке при всех прочих равных условиях будет тем меньше, чем больше сила тока, идущего через трубку. Поэтому, работая при значительных силах тока (на режиме «снимков»), мы не можем получить на трубке достаточно высокого напряжения, необходимого для просвечивания замков и подобных объектов.

Всегда следует придерживаться указанных в паспорте аппарата условий работы, давая трубке необходимые перерывы в работе, в противном случае резко сокращается срок жизни трубки.

При работе рентгеновского аппарата необходимо принять меры для защиты работников, помещающихся в соседних комнатах, от действия рентгеновских лучей.

Не требуют никакой дополнительной защиты кирпичные стены толщиной от одного кирпича и более. Деревянные стенки и перегородки требуют различной защиты в зависимости от того, попадает ли на них прямой пучок рентгеновских лучей или же только рассеянное излучение. Для защиты от прямого пучка необходим слой свинца толщиной 2—3 мм или слой баритовой штукатурки

В наз
следующ
1. Пре
при котор
получаетс
метод наз
в зависимости
этой цели
лучами.

Разнов
называем
ских срез
четкое изо
рые распо
Другой
ляется им
новские сн
лионных д
рентгеногр

2. Мик
фия явля
Отличают
что получа
стой пленк
ное число

3. Фото
на пленке
бождаемы
следующ
прошедши

4. Рент
дифракции
через крист
кристаллич

5. Рентг
ления хими

толщиной 3—8 см. Для защиты от рассеянных лучей необходим слой свинца 1—2 мм или слой баритовой штукатурки толщиной в 2—3 см.

§ 5. Методы исследования в рентгеновских лучах

В настоящее время в криминалистике применяются следующие методы исследования в рентгеновских лучах.

1. Просвечивание объектов рентгеновскими лучами, при котором на флуоресцирующем экране или на пленке получается теневое изображение объекта. В технике этот метод называется рентгеновской дефектоскопией. В зависимости от характера просвечиваемых объектов для этой цели пользуются либо мягкими, либо жесткими лучами.

Разновидностью метода просвечивания является так называемая томография или метод получения рентгеновских срезов, при котором на рентгенограмме получается четкое изображение только тех деталей объекта, которые расположены в определенной плоскости.

Другой разновидностью метода просвечивания является импульсная рентгенография, при которой рентгеновские снимки получаются при выдержках порядка миллионных долей секунды. Это позволяет, например, снять рентгенограмму объекта в момент попадания в него пули.

2. Микрорентгенография и стереомикрорентгенография являются разновидностями метода просвечивания. Отличаются от обычного просвечивания эти методы тем, что полученные (обычно в мягких лучах) на мелкозернистой пленке рентгенограммы затем увеличиваются в нужное число раз.

3. Фотоэлектроннография, при которой изображение на пленке получается при помощи фотоэлектронов, освобождаемых рентгеновскими лучами либо из самого исследуемого объекта, либо из специального излучателя и прошедших через исследуемый объект.

4. Рентгеновский структурный анализ, основанный на дифракции рентгеновских лучей при прохождении их через кристаллические тела и позволяющий исследовать кристаллическую структуру данного вещества.

5. Рентгеновский спектральный анализ для установления химического состава тел.

6. Рентгеновский люминесцентный анализ, при котором наблюдается видимое свечение (люминесценция) объектов, вызванное рентгеновскими лучами.

Из указанных методов первые три и последний могут быть сравнительно легко осуществлены в условиях обычной криминалистической лаборатории.

Рентгеновский структурный и спектральный анализы требуют для своего проведения сложного оборудования и могут проводиться только в специально приспособленных для данной цели лабораториях при наличии достаточно квалифицированных работников.

§ 6. Метод просвечивания

Этот метод является наиболее распространенным и легко осуществимым методом исследования в рентгеновских лучах.

Проводится этот метод либо в виде просвечивания на экран (рентгеноскопия), либо путем получения снимков на пленке (рентгенография).

В обоих случаях получается теневое изображение объекта, в котором распределение света и тени характеризует степень прозрачности того или иного участка объекта для рентгеновских лучей.

При просвечивании на экране получается позитивное изображение, в котором места, сильно поглощающие рентгеновские лучи, представляются темными, а прозрачные — светлыми. На рентгеновском снимке мы имеем негативное изображение, на котором, наоборот, светлыми являются те места объекта, которые в сильной степени поглощают рентгеновские лучи, а темными — места, прозрачные для рентгеновских лучей.

Визуальный метод просвечивания (рентгеноскопия) более прост и быстр, чем получение рентгеновских снимков, однако обладает значительно меньшей чувствительностью. Так, если при просвечивании каких-либо объектов на пленку размер минимальной обнаруживаемой детали составляет 1,5—2% от толщины просвечиваемого объекта, то при просвечивании тех же объектов на экран минимальная обнаруживаемая деталь должна составлять не менее 10—15% от толщины объекта. Поэтому рентгеноскопия применяется только для выявления круп-

ных деталей в объектах небольшой плотности (например, осколков пули, застрявших в дереве, стекла в хлебе и т. п.). В случае объектов большой плотности (железные замки и т. п.) количество прошедших через объект лучей настолько незначительно, что не обеспечивает достаточной яркости изображения на экране.

Применяемое при просвечивании напряжение выбирается в соответствии с исследуемым объектом. Более низкие напряжения дают более контрастные изображения, но зато требуют увеличения экспозиции. Так, уменьшение напряжения на трубке на 10 киловольт требует в зависимости от плотности объекта увеличения экспозиции в два-три раза.

Ориентировочное представление о применяемых при рентгенографии напряжениях дает следующая таблица.

Таблица напряжений,
применяемых при исследовании криминалистических объектов

Напряжение на трубке в киловольтах	Область применения
5—10	Исследование документов. Обнаружение пояска металлизации в области пулевого отверстия. Микрорентгенография
10—15	Просвечивание картона. Получение рентгенограмм текстильных тканей. Изучение структуры обломков дерева толщиной до 5—10 мм
20—35	Просвечивание картин. Выявление частиц стекла в тканях. Просвечивание неметаллических объектов (дерево, пластмасса) толщиной до 2—4 см и алюминиевых изделий до 6 мм толщины
35—60	Просвечивание неметаллических изделий толщиной более 10—15 см, алюминиевых до 3—4 см толщины. Получение рентгеновских силуэтов пуль и иных объектов
60—80	Просвечивание тонких железных и медных объектов (например, патронов и др.) толщиной до 5 мм

Напряжение на трубке в киловольтах	Область применения
80—100	Просвечивание железных и стальных, а также медных изделий до 10—12 мм
100—130	Просвечивание железных и стальных изделий толщиной 12—15 мм
Более 130	Просвечивание железных, стальных, медных изделий толщиной более 15 мм

Примечание. Для просвечивания железных и стальных изделий толщиной более 15 мм целесообразно использовать гамма-излучение радиоактивных изотопов (см. гл. XX).

а) Просвечивание жесткими рентгеновскими лучами. Техника получения снимков в жестких рентгеновских лучах заключается в следующем.

Исследуемый объект укладывается на кассету, внутри которой находится рентгенопленка. В большинстве случаев предпочитают делать снимки без применения усиливающих экранов, значительно ухудшающих резкость изображения. Усиливающие экраны сокращают экспозицию и улучшают контрастность снимка, поэтому их следует применять в тех случаях, когда нет необходимости в большой резкости изображения, но зато необходимо сократить слишком большие экспозиции (например, при исследовании замков и иных объектов большой плотности).

Вместо кассеты при снимках без экранов может быть взята пленка или пластинка, завернутые в черную бумагу. В этом случае во избежание вредного действия рассеянного излучения необходимо под конверт с пленкой подложить кусок свинца или свинцовой резины.

Расстояние от пленки до трубки выбирается в зависимости от плотности объекта и задач исследования.

При снимках объектов средней плотности берется расстояние 60—70 см, а при снимках плотных металлических объектов для сокращения экспозиций расстояние уменьшается до 20—40 см.

При просвечивании плотных объектов необходимо применение так называемых компенсаторов, окружающих снимаемый объект, так как при отсутствии таковых вследствие значительного рассеивания рентгеновских лучей в слое эмульсии края объекта получают окруженные ореолами. Задача компенсатора — не допустить резкого различия в поглощении рентгеновских лучей отдельными местами объекта. Подобным компенсатором, например, могут служить полоски свинцовой резины, которыми обкладывается по краям предмет,

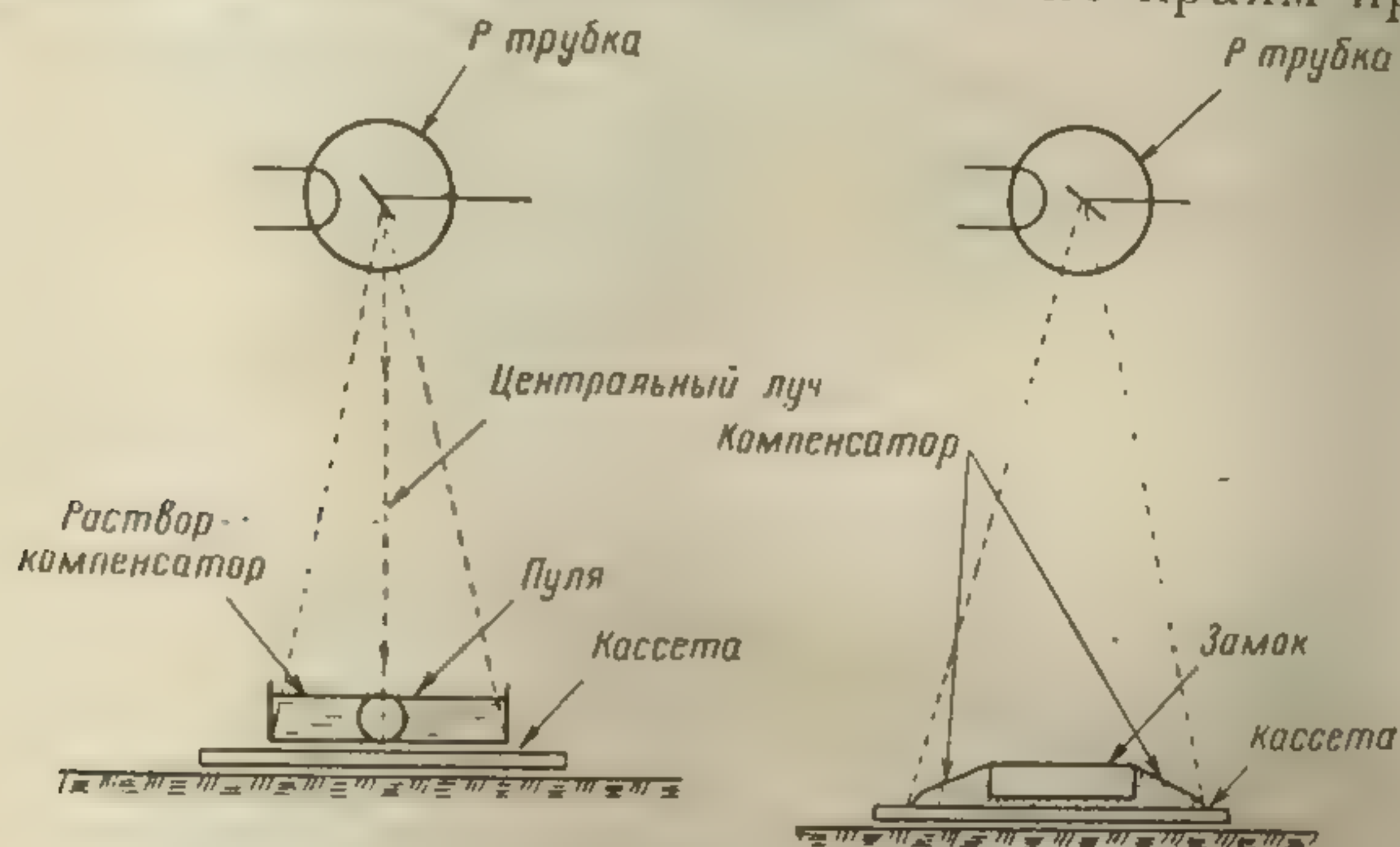


Рис. XIX—3. Применение компенсаторов

имеющий правильную форму. Для объектов неправильной формы могут быть рекомендованы мелкие железные опилки. Для таких объектов, как пули, в качестве компенсатора может быть использован насыщенный раствор уксусно-кислого свинца, который наливается в стеклянную или алюминиевую чашечку с плоским дном, образуя слой, по толщине своей равный диаметру пули (см. рис. XIX—3).

Установка трубки по отношению к объекту, как правило, производится таким образом, чтобы центральный луч прошел через центр снимаемого объекта. При снимках следует пользоваться тубусом таких размеров, чтобы размеры рабочего пучка рентгеновских лучей соответствовали размерам снимаемого объекта.

Иногда полезным оказывается производство стереоскопических рентгенограмм, дающих представление о пространственном размещении тех или иных объектов, например, деталей механизма оружия, замка или других предметов.

Для производства стереорентгенограмм необходима так называемая туннельная кассета, которая легко может быть изготовлена своими силами и представляет собой плоский, открытый с двух сторон ящик, внутрь которого может быть вставлена кассета с пленкой. Туннельная кассета дает возможность произвести два снимка со сдвигом трубки при одинаковом положении исследуемого объекта и кассеты. Общая схема производства стереоснимков показана на рис. XIX—4.

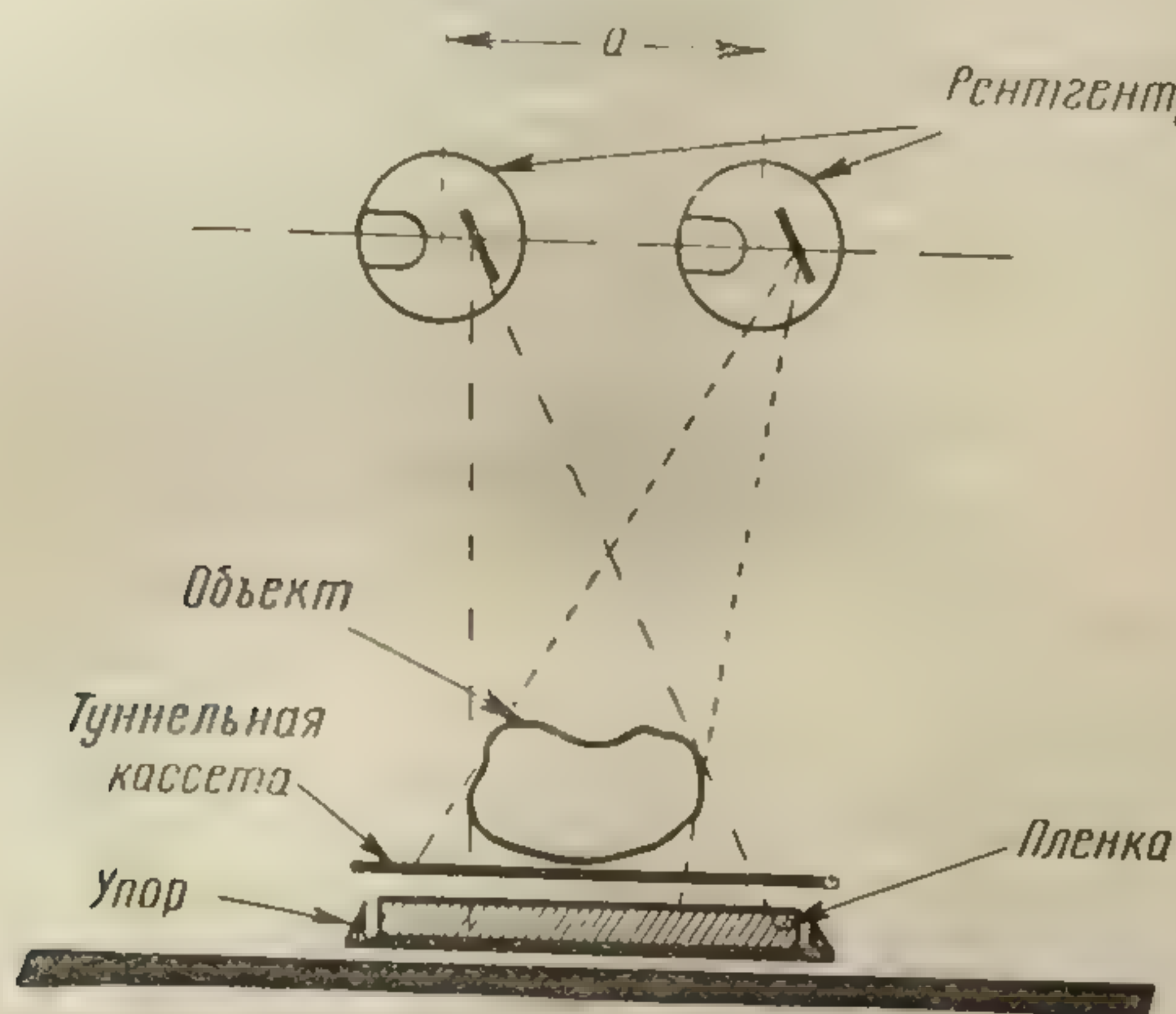


Рис. XIX—4.

Расстояние, на которое смещается трубка, соответствует расстоянию между глазами, т. е. 6,5—7 см. Сперва производится снимок со сдвигом трубки в одну сторону (например вправо), после чего кассета со снятой пленкой заменяется новой и производится снимок со сдвигом в другую сторону. Экспозиция и проявление обеих пленок должны быть одинаковыми. Для рассматривания стереоскопических рентгенограмм применяется зеркальный стереоскоп с двумя негатоскопами, перед которыми устанавливаются снятые рентгенограммы.

В качестве материала для производства рентгенограмм в жестких рентгеновских лучах применяется главным образом рентгеновская пленка «XX» или «X» для снимков без усиливающих экранов и «X» для снимков с применением усиливающих экранов.

При проявлении рентгенограмм, особенно снятых без экранов, следует иметь в виду, что изображение образуется не на поверхности, а в глубине слоя эмульсии, поэтому время проявления должно быть достаточно велико. При употреблении проявителя, рекомендованного фабрикой рентгенопленок (на 1 л проявителя: метола — 2 г, гидрохинона — 8 г, сульфита кристаллического — 180 г, соды кристаллической — 118 г, бромистого калия — 5 г) время проявления должно составлять при температуре 20° 12—15 мин.

Рентгеновские силуэты пуль и иных объектов лучше получать не на двухсторонней рентгеновской пленке, а на пластинках или односторонней пленке. Такие снимки отличаются большей резкостью.

Экспозиция при производстве снимков выражается в миллиампер-секундах или миллиампер-минутах и определяется произведением выдержки в секундах или минутах на силу тока, протекающего через трубку в миллиамперах. Например, экспозиция в 200 миллиампер-секунд может быть получена при силе тока в 20 миллиампер и выдержке 10 секунд или же при силе тока в 2 миллиампера и выдержке 100 секунд.

б) Просвечивание мягкими рентгеновскими лучами. Для целого ряда криминалистических объектов, например, документов, текстильных тканей, пыли и ряда иных, рентгеновские лучи, даваемые обычными установками, обладают слишком большой проникающей способностью.

Пользуясь описанной ранее установкой типа РУМ-7, возможно получать рентгеновские лучи при напряжении на трубке, начиная от 5—10 кв и выше, что соответствует длинам волн от 3 Å и короче. Более длинноволновые лучи уже поглощаются бериллиевым окном трубки.

Для получения снимков в длинноволновых рентгеновских лучах ($\lambda > 3 \text{ Å}$) было предложено пользоваться разборными электронными рентгеновскими трубками.

Однако установки подобного типа не получили широкого распространения.

При просвечивании мягкими рентгеновскими лучами, кроме обычного просвечивания, пользуются часто методикой микрорентгенографии. При микрорентгенографии полученная на мелкозернистой пленке рентгенограмма

увеличивается в нужное число раз при помощи обычной микрофотографической установки или же проекционного фонаря (увеличителя).

Сам снимок производится следующим образом (рис. XIX—5). Исследуемый объект укладывается вплотную на эмульсионный слой фотопластинки или пленки, после чего вместе с пластинкой помещается в светонепроницаемую кассету, верхняя часть которой изготовлена из материала, непрозрачного для видимых, но прозрачного для

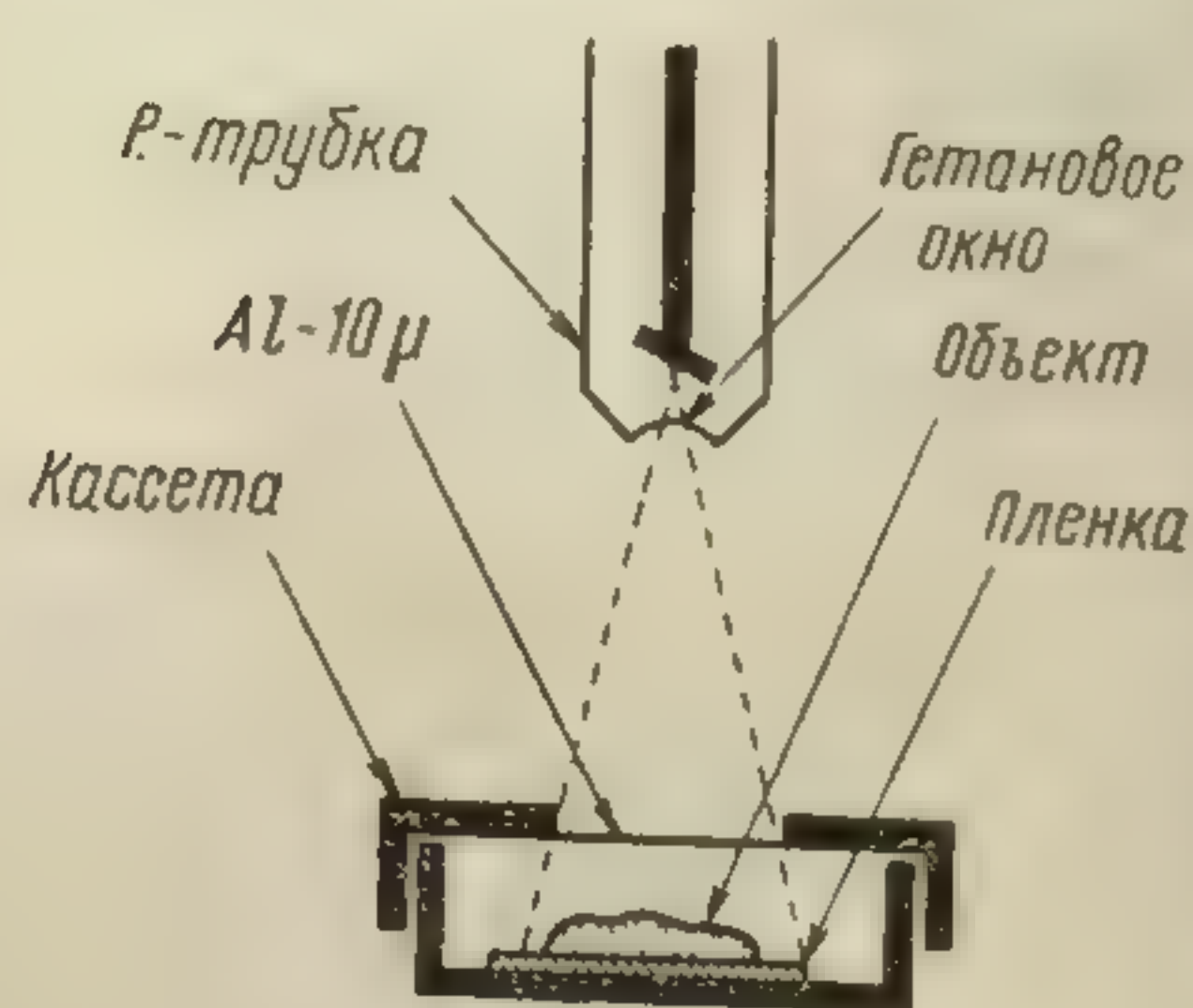


Рис. XIX—5. Схема получения микрорентгенограмм

длинноволновых рентгеновских лучей. Размеры кассеты должны быть достаточно велики для того, чтобы в ней мог поместиться снимаемый объект. Необходимо обеспечить плотное прилегание объекта к эмульсионному слою пластинки, особенно в тех случаях, когда нужно получить рентгенограмму, способную выдержать значительное увеличение.

При производстве снимков в длинноволновых рентгеновских лучах (напряжение на трубке менее 10 кв) крышка кассеты должна быть сделана из вещества, более прозрачного для мягких рентгеновских лучей, чем обычно применяемая для этой цели черная бумага, которая не только сильно поглощает лучи, но и дает на рентгенограмме отпечаток своей структуры.

Поэтому в качестве материала, задерживающего видимые и пропускающего рентгеновские лучи, следует пользоваться более тонкими и однородными слоями. Для этой цели можно использовать либо тонкую алюминиевую фольгу толщиной около 10 мк, либо тонкую (так называемую «конденсаторную») бумагу, покрытую тонким же слоем коллодия с сажой, либо, наконец, две наложенные друг на друга тонкие коллодионные пленки, окрашенные одна — метилвиолетом, а другая — хризондином. Такая комбинация двух пленок, толщина каждой из которых не превышает 5—10 мк, хорошо задерживая фотографически активные лучи видимой части спектра, очень мало ослабляет даже длинноволновое рентгеновское излучение.

При микрорентгенографии применяются репродукционные и диапозитивные фотопластинки, позитивная и фототехническая фотопленки, а также специальные особо мелкозернистые пленки типа «Микрат». Чувствительность пленки к рентгеновским лучам не связана непосредственно с чувствительностью к видимому свету. Так, диапозитивные пластинки чувствительностью в 0,7 ГОСТ требуют при напряжении в 10 кв всего в 8—10 раз большей экспозиции, чем высокочувствительная негативная пленка в 90° ГОСТ.

Рентгенограммы, снятые на диапозитивных пластинках и позитивной пленке типа МЗ, допускают увеличения до 20—30-кратного, что в большинстве случаев оказывается достаточным. В тех случаях, когда необходимо получить большие увеличения, применяются высококонтрастные позитивные пленки «Микрат-130», «Микрат-200» и «Микрат-300».

При обработке беззернистых пластинок или пленок необходимо обращать особое внимание на пыль в помещении. Малейшие количества пыли, обычно присутствующей в помещении, попадая на эмульсию, загрязняют ее. С таких рентгенограмм трудно получить достаточно хорошие микрофотоснимки при значительном увеличении.

Экспозиция при производстве снимков в мягких рентгеновских лучах зависит не только от чувствительности фотоматериалов и объекта съемки, но также в очень сильной степени от длины волны примененного излучения. При этом чем больше толщина рентгенографируемого объекта, тем сильнее сказывается зависимость экспозиции от длины волны лучей (или от напряжения на трубке).

в) Стереомикрорентгенография. В некоторых случаях микрорентгенографии, как, например, при выявлении наличия металла в окружности пулевого отверстия, исследовании текстильных тканей, порошков, пыли и др., недостаточным является получение плоскостного изображения, а желательно также исследовать форму и пространственное расположение тех или иных частиц.

Обычная методика стереорентгенографии в данном случае не может быть использована, так как, с одной стороны, туннельные кассеты обычного типа непригодны

для мягких рентгеновских лучей, а с другой — при небольшом расстоянии от фокуса трубки до пленки объект при параллельном перемещении трубки может выйти за пределы освещаемого поля.

Удобной для целей стереомикрорентгенографии является установка, схема которой представлена на рис. XIX—6. Трубка для мягких рентгеновских лучей типа

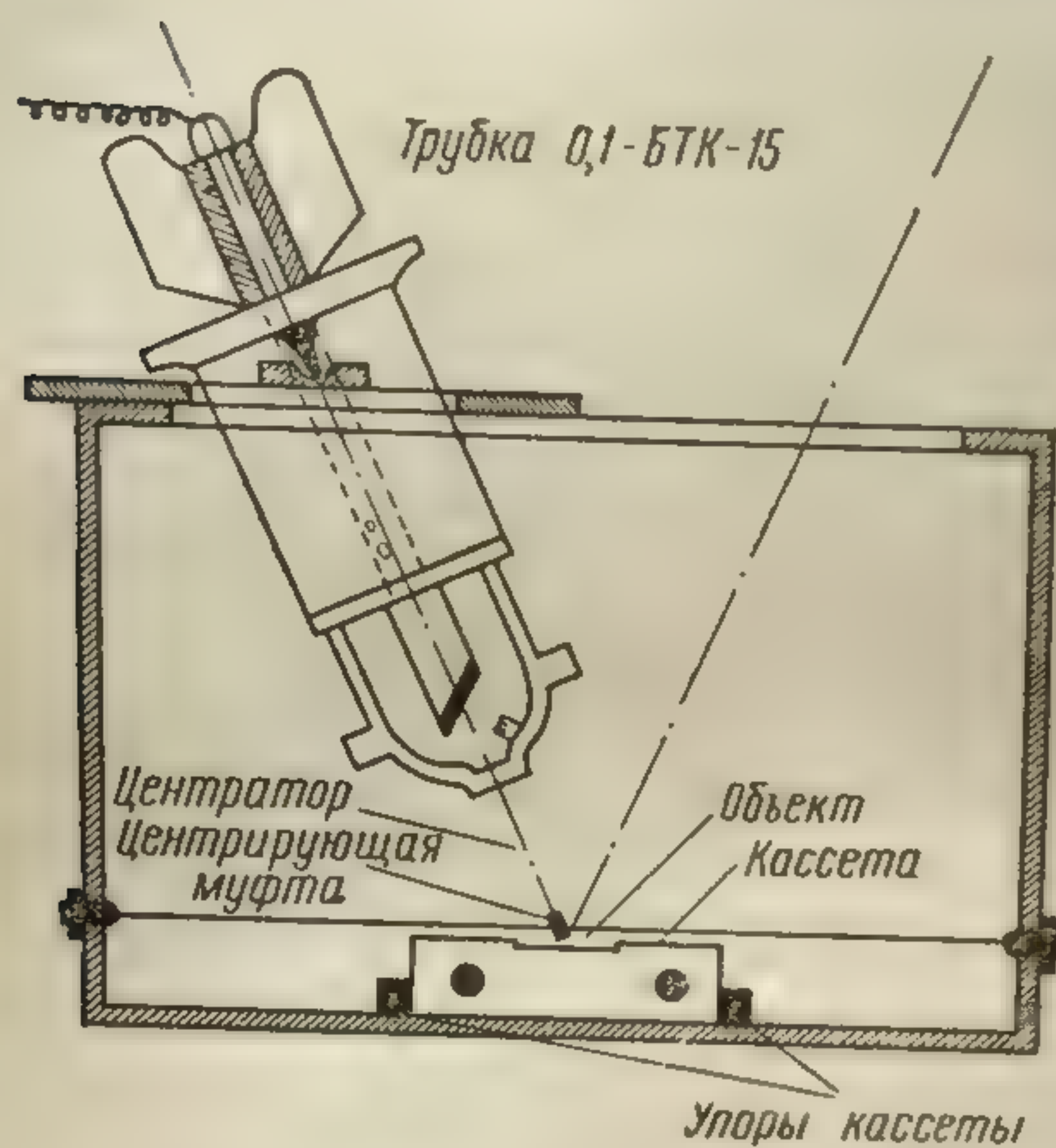


Рис. XIX—6. Установка для микро-стереорентгенографии (схема)

0,1-БТК-15 от рентгенотерапевтического аппарата Т-15-Б завода «Буревестник» устанавливается в деревянной стойке и может качаться на двух выступах, припаянных к кожуху трубки. Упоры, на которых покоятся выступы, расположены на подвижной планке, могущей передвигаться в обе стороны.

Прикрепленный к кожуху, в нижней части его, центратор заменяется металлическим стержнем из проволоки толщиной 3—5 мм и длиной 15—20 см. Стержень этот пропу-

скается через отверстие в центрирующей муфте, укрепленной на туго натянутой проволоке в плоскости снимаемого объекта. Благодаря этому центральный луч, выходящий из трубки, будет всегда проходить через центр снимаемого объекта.

Верхняя часть кожуха трубки с вентилятором удаляется.

Чтобы иметь возможность производить снимки при одном и том же положении объекта, применяется роликовая кассета с двумя катушками. Эта кассета заряжается позитивной кинопленкой. При вращении приемной катушки пленка проходит под окошком, закрытым тонкой алюминиевой фольгой (толщина не более 10 микрон), на которой располагается объект съемки.

Величина сдвигов трубки при производстве стереоснимков для нормального стереоэффекта берется таким

образом, чтобы угол между направлениями центрального луча в крайних положениях трубки составлял 15° . Для объектов незначительной толщины часто оказывается полезным получение преувеличенного рельефа при больших сдвигах трубки.

Полученные микрорентгенограммы увеличиваются до нужных пределов и рассматриваются в обычном стереоскопе.

§ 7. Фотоэлектроннография

Фотоэлектроннография основана на действии фотоэлектронов, освобождаемых из атомов вещества под действием рентгеновских лучей.

При поглощении квантов рентгеновского излучения в веществе из электронной оболочки атомов вырываются электроны, обладающие довольно значительными скоростями — порядка $1/3$ скорости света и более.

Максимальная начальная скорость этих фотоэлектронов обусловлена длиной волны падающих лучей, количество же резко возрастает с увеличением атомного номера облучаемого вещества.

Возможны два метода исследования:

1. Просвечивание при помощи фотоэлектронов объектов, слишком тонких для получения удовлетворительных снимков даже в мягких рентгеновских лучах.

2. Получение снимков тех или иных объектов за счет фотоэлектронов, излучаемых различными местами самих исследуемых объектов. При этом втором методе поверхность подлежащего исследованию объекта приводится в тесный контакт с фотографическим слоем и подвергается действию рентгеновских лучей.

Относительное расположение исследуемого объекта и пленки при обоих способах фотоэлектроннографии показано на рис. XIX—7.

При первом методе фотоэлектроннографии (рис. XIX—7a) в качестве излучателя электронов обычно применяется полированная свинцовая пластинка. Просвечиваемый объект (например документ) укладывается между свинцовой пластинкой и фотопленкой, вплотную к эмульсионному слою пленки. Необходимым условием успешности исследования является плотный контакт объекта с эмульсионным слоем пленки и с поверхностью

излучателя. Пучок рентгеновских лучей проходит сперва через пленку, затем через объект и, наконец, попадает на излучатель электронов. Освобожденные рентгеновскими лучами фотоэлектроны проходят через исследуемый объект и действуют на фотопленку.

При втором методе получения фотоэлектронограмм (рис. XIX—7б) исследуемый объект прижимается вплотную к эмульсионному слою пленки и в таком виде помещается в кассету, так что рентгеновские лучи сперва проходят через пленку, а затем уже попадают на исследуемый объект и вырывают из него электроны.

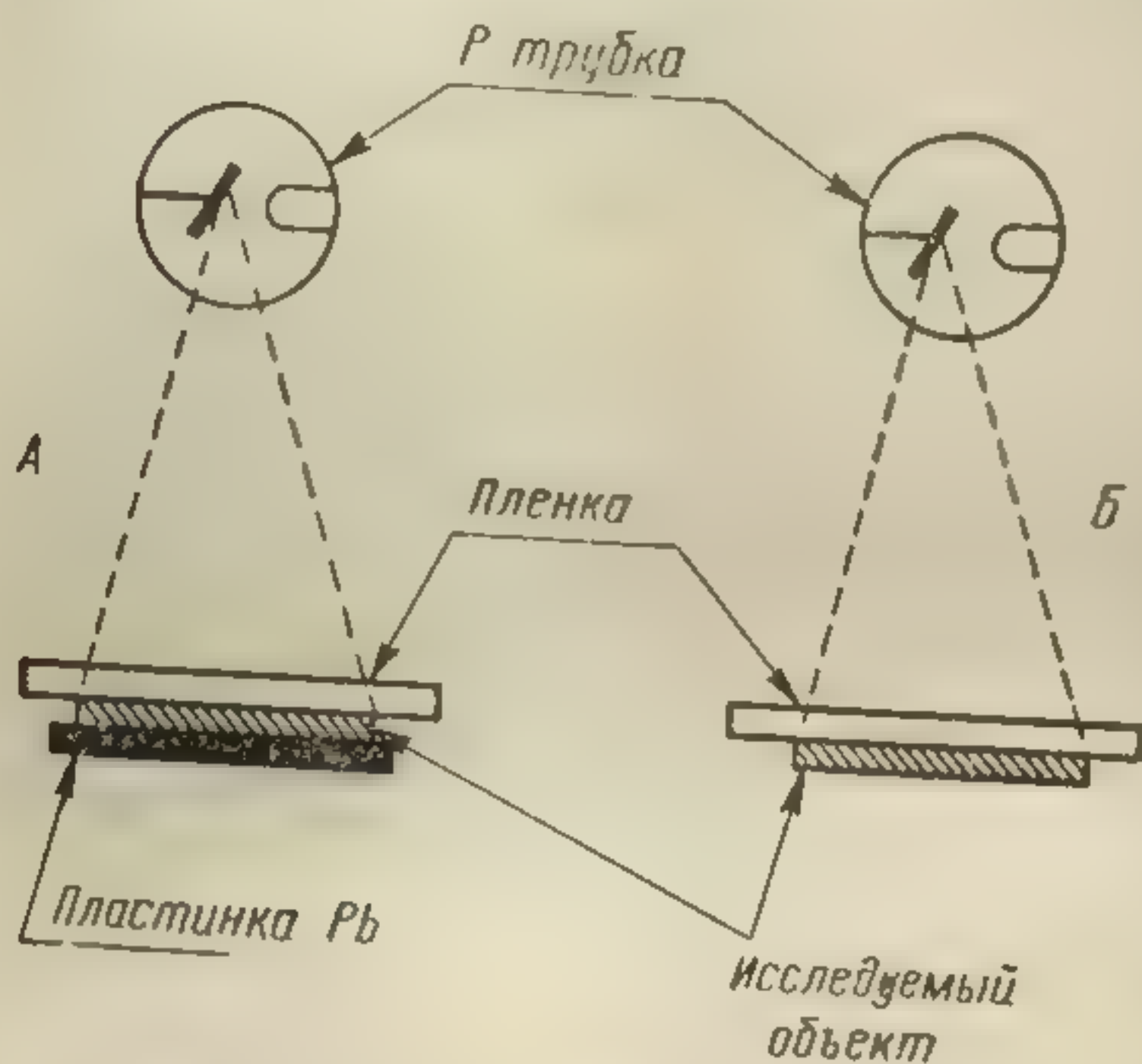


Рис. XIX—7. Схема получения фотоэлектронограммы:
а — по первому, б — по второму способу

В тех местах поверхности, где имеются элементы с высоким атомным номером, происходит более интенсивная эмиссия фотоэлектронов, которые действуют на фотослой. Основным затруднением при производстве исследования с помощью фотоэлектронов является то, что рентгеновские лучи, служащие для освобождения электронов из вещества объекта, сами обладают фотографическим действием и поэтому конечный эффект почернения пленки в значительной степени обусловлен также и действием первичного пучка рентгеновских лучей. С целью его ослабления применяют жесткие рентгеновские лучи, мало поглощаемые эмульсионным слоем фотопластины или пленки. Для этого на трубку дается напряжение не менее 95 кВ, и полученное излучение фильтруется свинцовой пластиной толщиной 0,2—0,4 мм. Фотоэлектронограммы могут быть получены при помощи рентгеновской установки РУ-735 (переключатель режимов работы должен стоять на «просвечивании»), хотя лучшие результаты получаются при напряжениях 150—180 кВ, даваемых более высоковольтными установками.

Фотом
мелькозерни
лучам. Бо
ронная ре
тивная к
По сра
скими луч
живать зна

Существенно
просвечивания
при втором ме
ляется количес
сти объекта, в
никакой роли.
лучами толщ
ляющим не тол
проведения исс
31 Фотогр. и ф

Фотоматериалы следует применять возможно более мелкозернистые, мало чувствительные к рентгеновским лучам. Безусловно непригодна для данной цели двухсторонняя рентгенопленка. Хорошие результаты дают позитивная пленка, диапозитивные пластинки и т. п.

По сравнению с просвечиванием мягкими рентгеновскими лучами фотоэлектроннография позволяет обнаруживать значительно меньшее количество вещества.

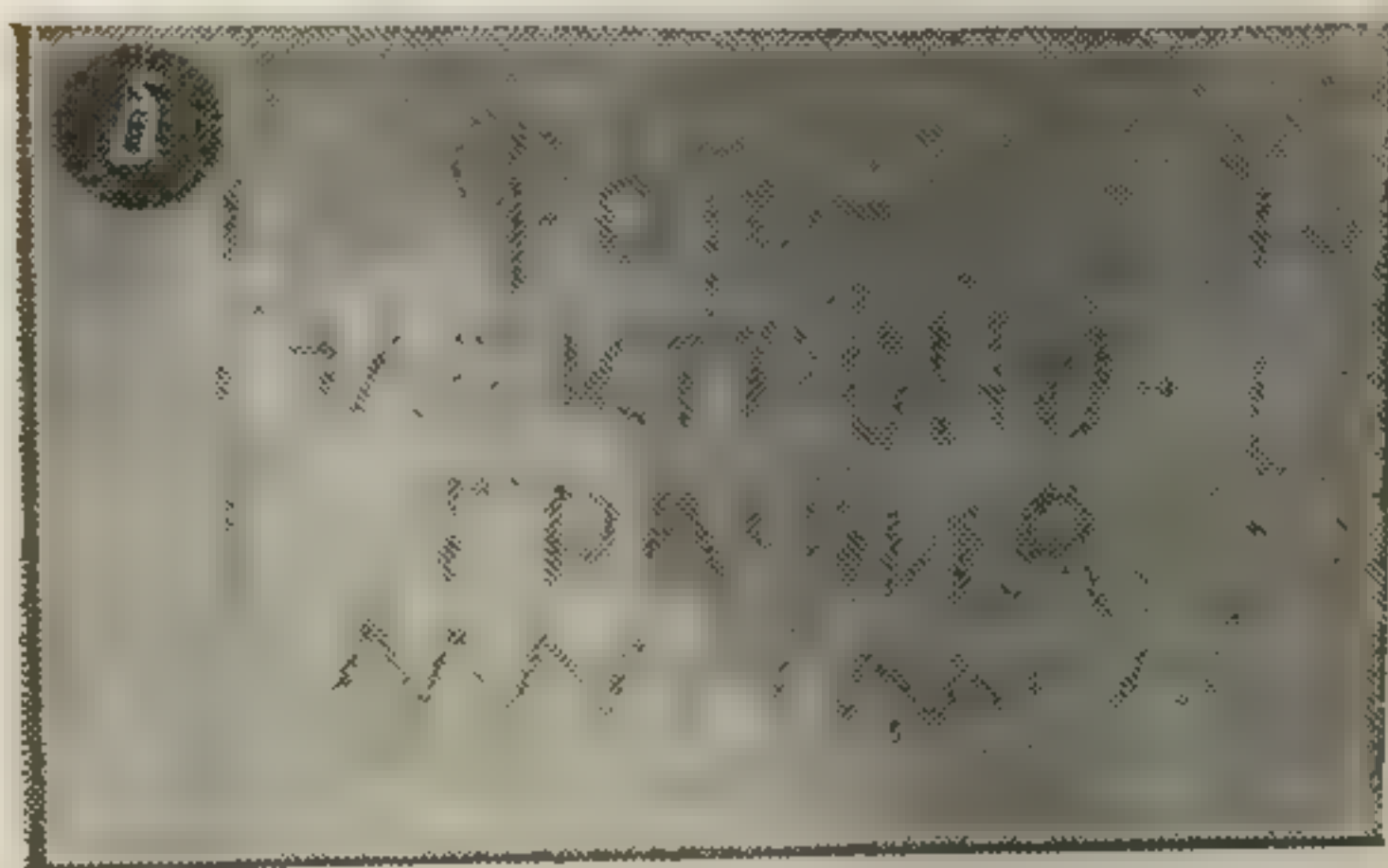
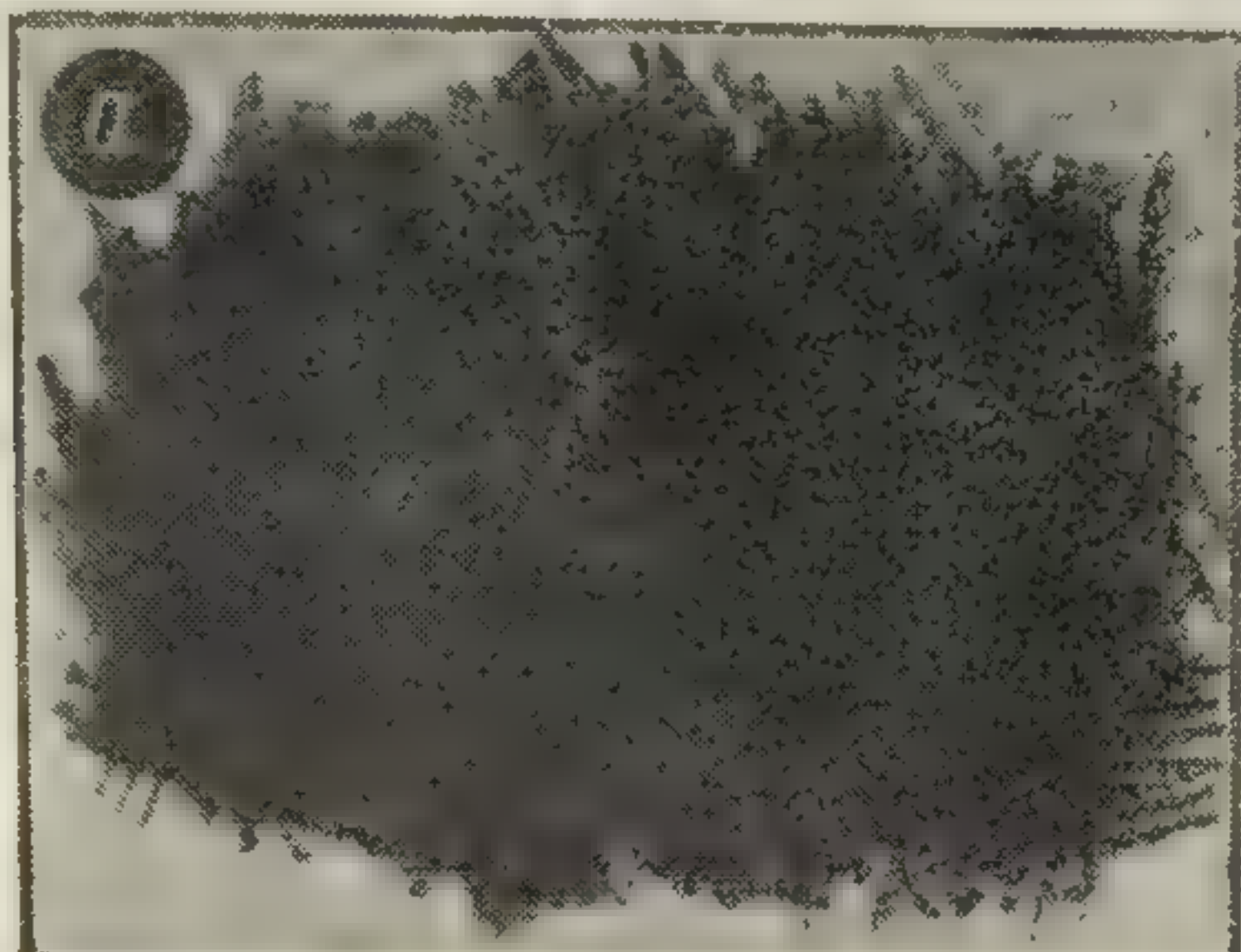


Рис. XIX—8. Образцы фотоэлектроннограммы, полученные по 2 методу:
а — фотоснимок, б — фотоэлектроннограмма

Существенным отличием фотоэлектроннографии от просвечивания рентгеновскими лучами является то, что при втором методе фотоэлектроннографии решающим является количество вещества, находящегося на поверхности объекта, в то время, как толщина объекта не играет никакой роли. При просвечивании же рентгеновскими лучами толщина объекта является фактором, определяющим не только успешность, но и самую возможность проведения исследования.

Фотоэлектронография, с одной стороны, применима для исследования объектов, толщина которых настолько мала, что для просвечивания их не могут быть использованы обычно применяемые в подобных случаях мягкие рентгеновские лучи ($\lambda = 0,8-2,5 \text{ \AA}$). С другой стороны, этот метод может быть использован и при исследовании поверхностной структуры массивных объектов, недоступных просвечиванию даже жесткими рентгеновскими лучами.

Первая методика фотоэлектронографии дает хорошие результаты при исследовании очень тонких образцов бумаги, прочтении текстов, написанных на папиросной бумаге и затем замазанных, волокон тканей и др.

Второй метод фотоэлектронографии может быть использован для выявления невидимых записей, пятен и т. п., нанесенных веществами с высоким атомным номером. Хорошие результаты эта методика может дать при прочтении текстов, исполненных чернилами или карандашом, в состав которых входят элементы со значительным атомным номером и замазанных графитным карандашом, сажей, залитых черной тушью или обычными анилиновыми чернилами (см. рис. XIX—8).

При исследовании облигаций и лотерейных билетов фотоэлектронография дает возможность обнаруживать исправления номеров и сетки, произведенные красителями, не содержащими элементов со значительным атомным номером.

При сравнительном исследовании сплавов фотоэлектронограмма дает представление об относительном взаимном расположении отдельных компонентов.

§ 8. Рентгеновский структурный анализ

В отличие от метода просвечивания, основанного на способности рентгеновских лучей проникать через различные объекты, структурный анализ основан на явлении дифракции рентгеновских лучей при прохождении через кристаллические тела и позволяет:

1. Исследовать внутреннее строение кристаллов, из которых состоит то или иное вещество.

2. Определить величину и относительное расположение этих кристаллов.

3. Обнаруживать наличие внутренних напряжений в кристаллах (деформации кристаллической решетки).

Сущность этого метода исследования заключается в следующем.

Узкий пучок рентгеновских лучей, прошедший через диафрагму с малым отверстием, попадает на кристалл. При этом на фотопленке, установленной за кристаллом, появляется целый ряд отдельных, определенным образом расположенных пятен (рис. XIX—9), полученных в результате рассеивания рентгеновских лучей атомами кристалла. Такое явление называется дифракцией, и в данном случае рентгеновские лучи ведут себя аналогично

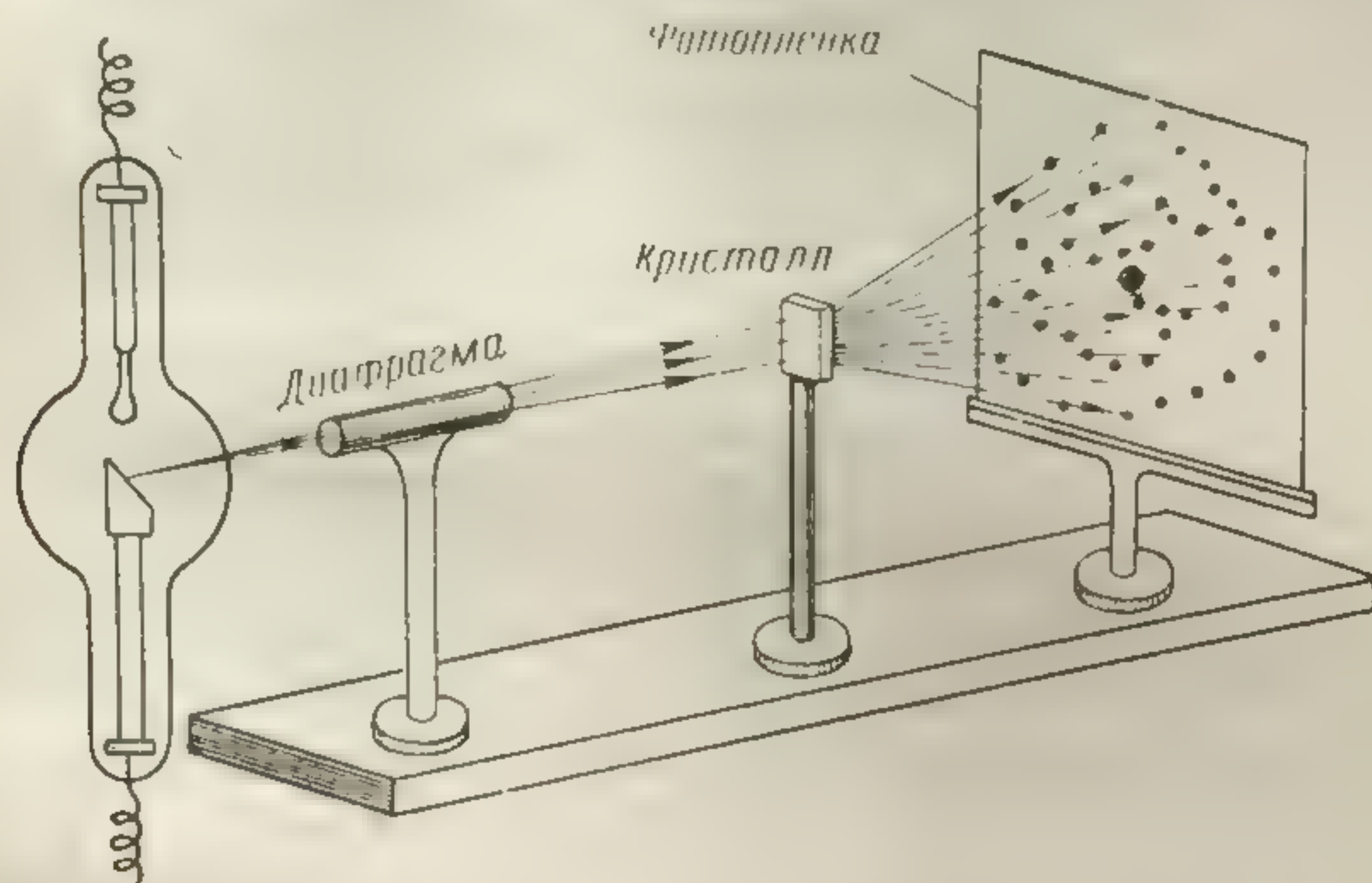


Рис. XIX—9. Получение структурных рентгенограмм

лучам видимого света. Известно, что явление дифракции для лучей видимого света наступает тогда, когда луч света проходит через решетку с очень малыми отверстиями. Для рентгеновских лучей роль такой решетки выполняют атомы кристаллов. Лучи определенной длины волны отражаются плоскостями кристаллической решетки при определенном угле падения. Отраженные лучи интерферируют между собой, т. е. взаимно усиливают либо ослабляют друг друга. В результате этой интерференции и образуется видимая нами на фотопластинке картина. Симметрическое расположение пятен совпадает с истинной симметрией кристалла. Полученные снимки позволяют решить ряд вопросов, касающихся кристаллической структуры данного вещества.

Более распространен метод рентгеновского структурного анализа, называемый методом порошков. Объектом исследования в этом случае являются твердые тела, состоящие из множества мельчайших кристалликов, иначе говоря, имеющие поликристаллическое строение, к каковому относится большинство объектов окружающего мира. Пучок монохроматических рентгеновских лучей пропускают через образец, изготовленный из порошка исследуемого вещества, смешанного с клеем, имеющий вид столбика диаметром 0,7—0,9 мм и длиной 7—10 мм, и изучают интерференционную картину, полученную на пленке, расположенной полукругом за образцом. Для получения рентгенограмм по методу порошков пользуются специальными камерами.

Важным для криминалистики является то, что рентгеновский структурный анализ может быть применен не только для решения задач химического порядка, но и для иных, не могущих быть разрешенными никаким другим методом. Так, этот метод позволяет установить, имеют ли два вещества одинакового химического состава одинаковую или разную кристаллическую структуру. При помощи этого метода, например, может быть установлено различие между двумя кусками металла одинакового химического состава, из которых один подвергался, а второй не подвергался термической или механической обработке.

Рентгеновский структурный анализ был применен в криминалистике для идентификации взрывчатых веществ по обнаруженным остаткам, для выявления небольших количеств морфина при отравлениях, для исследования металла, расположенного в области пулевого отверстия и в других случаях. В криминалистической литературе имеются также указания на возможность использования рентгеновского структурного анализа при сравнительном исследовании карандашей.

Изготавливая образец для исследования по методу порошков из частиц, соскобленных с карандашных штрихов, можно по полученной рентгенограмме изучить кристаллическую структуру каолина, применяемого в качестве наполнителя при изготовлении пишущих стержней карандашей. Установленное сходство или различие в кристаллической структуре дает основание для сужде-

ния о том, проведены ли оба сравниваемых штриха карандашами, принадлежащими к одной или разным партиям выпуска.

§ 9. Рентгеновский спектральный анализ

В рентгеновской трубке одновременно с излучением торможения возникает и так называемое характеристическое излучение определенной длины волны, зависящей от материала анода. Исследуя излучение, даваемое рентгеновской трубкой, можно, определив длины волн характеристических лучей, установить материал, из которого изготовлен анод трубки.

На этом основана методика рентгеновского спектрального анализа, для которого применяются специальные разборные рентгеновские трубки, снабженные насосами для откачивания воздуха. Исследуемое вещество, подвергнутое специальной обработке (обугливание), наносится вместе с растворимым стеклом на анод трубки. После этого трубка собирается и из нее выкачивается воздух. Излучение трубки исследуется при помощи рентгеновского спектрографа. Определив длины волн возникшего характеристического излучения, устанавливают, какие элементы содержались в исследуемом веществе.

Известны случаи применения рентгеновского спектрального анализа для обнаружения и количественного определения металлов в органах трупа. При этом оказалось возможным с достаточно высокой точностью обнаруживать элементы от кальция (атомный номер 20) до урана (атомный номер 92).

§ 10. Применение рентгеновских лучей в различных случаях криминалистического исследования вещественных доказательств

Приведем ряд примеров применения рентгеновских лучей при исследовании отдельных видов вещественных доказательств.

а) Просвечивание объектов неизвестного происхождения. В некоторых случаях на исследование поступают объекты, устройство и назначение которых неясно ни для лица, назначившего

экспертизу, ни для эксперта. Поставленную задачу нельзя решить без вскрытия или распаковки объекта. Однако всегда существует опасность при разборке неизвестного предмета нанести ему существенные повреждения, могущие повлиять на значение его как вещественного доказательства. Вместе с тем разборка неизвестного объекта может иногда представлять опасность для эксперта. Поэтому во всех подобных случаях необходимо предварительно путем просвечивания рентгеновскими лу-

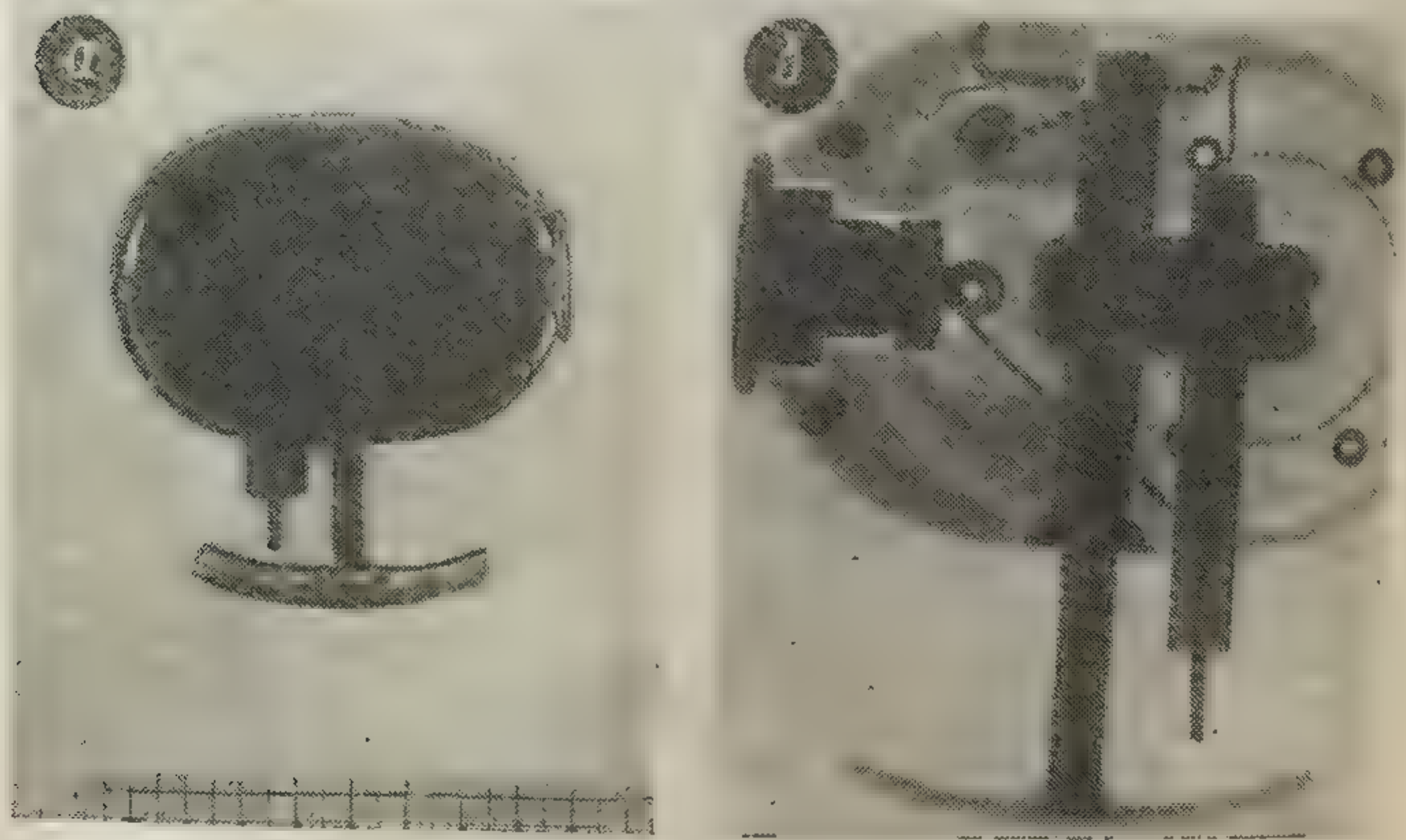


Рис. XIX—10. Фотоснимок и рентгенограмма динамоэлектрического фонарика

чами составить представление об особенностях внутреннего строения данного объекта. Для этой цели применяется, в первую очередь, просвечивание на экран (при напряжении на трубке 60—80 киловольт в зависимости от плотности объекта). Если объект в сильной степени поглощает рентгеновские лучи и просвечивание не дает удовлетворительных результатов, то следует прибегнуть к производству рентгеновского снимка.

На рис. XIX—10а приведен снимок динамоэлектрического фонарика, обнаруженного одним гражданином возле дверей своей квартиры. На рис. XIX—10б приведена рентгенограмма фонарика, показывающая, что весь внутренний механизм его удален, а место его занято какой-то массой, в которую вставлен взрыватель нажимного действия (полукустарного изготовления).

б) Исследование боеприпасов и оружия. При исследовании оружия и боеприпасов рентгеновские лучи могут оказаться полезными в следующих случаях:

1. Получение рентгеновских силуэтов патронов и пуль. Произведенные с большого расстояния (около 2 метров) и в сравнительно мягких лучах (50—60 киловольт) рентгенограммы передают с большой точностью



Рис. XIX—11. Рентгеновские силуэты патронов и пуль

контуры исследуемого объекта (рис. XIX—11). Рентгеновские лучи благодаря отсутствию отражений от краев более четко и точнее отображают контуры объекта, чем лучи видимые. Нередко по таким силуэтам можно установить вид и тип пули. Так, по одному из дел на исследование поступила передняя (оживальная) часть винтовочной пули: остальная часть пули была оторвана, по видимому, в результате стрельбы из обреза или винтовки с поврежденным каналом ствола. На разрешение экспертизы был поставлен вопрос, является ли присланный осколок пули частью пули русского или немецкого образца. Вопрос этот, при невозможности измерить калибр пули, может быть решен путем измерения радиуса закругления оживальной ее части. Эти измерения были проведены следующим образом: на одной рентгенограмме

были получены рентгеновские силуэты исследуемой пули, а также пуль русского и немецкого образца, после увеличения которых оказалось возможным легко и наглядно провести сравнение радиусов закругления.

2. Рентгенограммы патронов и пуль неизвестного происхождения позволяют установить тип пули и ее устройство. По рентгенограмме патронов, снятой при на-



Рис. XIX—12. Рентгенограмма самодельного пистолета

пряжении 70—80 кв, можно установить, какого типа пулей (легкой, тяжелой, трассирующей и т. п.) они заряжены. Рентгенограммы различных взрывателей, детонаторов и т. п. позволяют установить особенности их устройства. Так, на рис. XIX—13 приведен общий вид и рентгенограмма взрывателя нажимного действия, переделанного кустарным способом, таким образом, чтобы ударник срабатывал при вытягивании вставленной в него иглы.

3. Рентгенограммы образцов самодельного оружия дают возможность установить особенности его устройства (см., например, рис. XIX—12).

в) Исследование замков и запоров. При экспертизе замков в настоящее время трудно обойтись

без производства рентгеновских снимков. Рентгенограммы, а в некоторых случаях и стереорентгенограммы дают возможность, не вскрывая замок установить особенности работы его механизма, а также имеющиеся повреждения и неисправности. Так, на рентгенограмме замка, приведенной на рис. XIX—14, видно, что из трех запирающих пластин работает только одна.

Часто оказывается полезным производство серии снимков при различном положении ключа и при оттягивании дужки; это позволяет проверить работу механизма замка. Полученные данные дополняют результаты осмотра вскрытого замка, так как при вскрытии замка всегда возможно внести некоторые изменения в относительное расположение деталей его механизма.

Снимки замков производятся при относительно высоких напряжениях — 90—100 кв, а в некоторых случаях и больших. Для сокращения экспозиции снимки могут производиться с усиливающими экранами. Очень важно при рентгенографии замков правильно применять компенсаторы (см. выше), выравнивающие большие различия в поглощении рентгеновских лучей, в особенности при производстве снимков с экранами.

Экспозиции при снимках замков, как правило, значительны. Так, снимок так называемого контрольного замка при расстоянии фокус-пленка 25—30 см и напряжении на трубке 90—95 кв составляет: без экранов 15—20 миллиамперминут, а с экранами 1,5—2.

Для уменьшения ореолов, вызванных рассеиванием лучей в слое пленки, может быть рекомендовано применение медных фильтров толщиной 0,5—1 мм, устанавливаемых у выходного окна рентгеновской трубки.

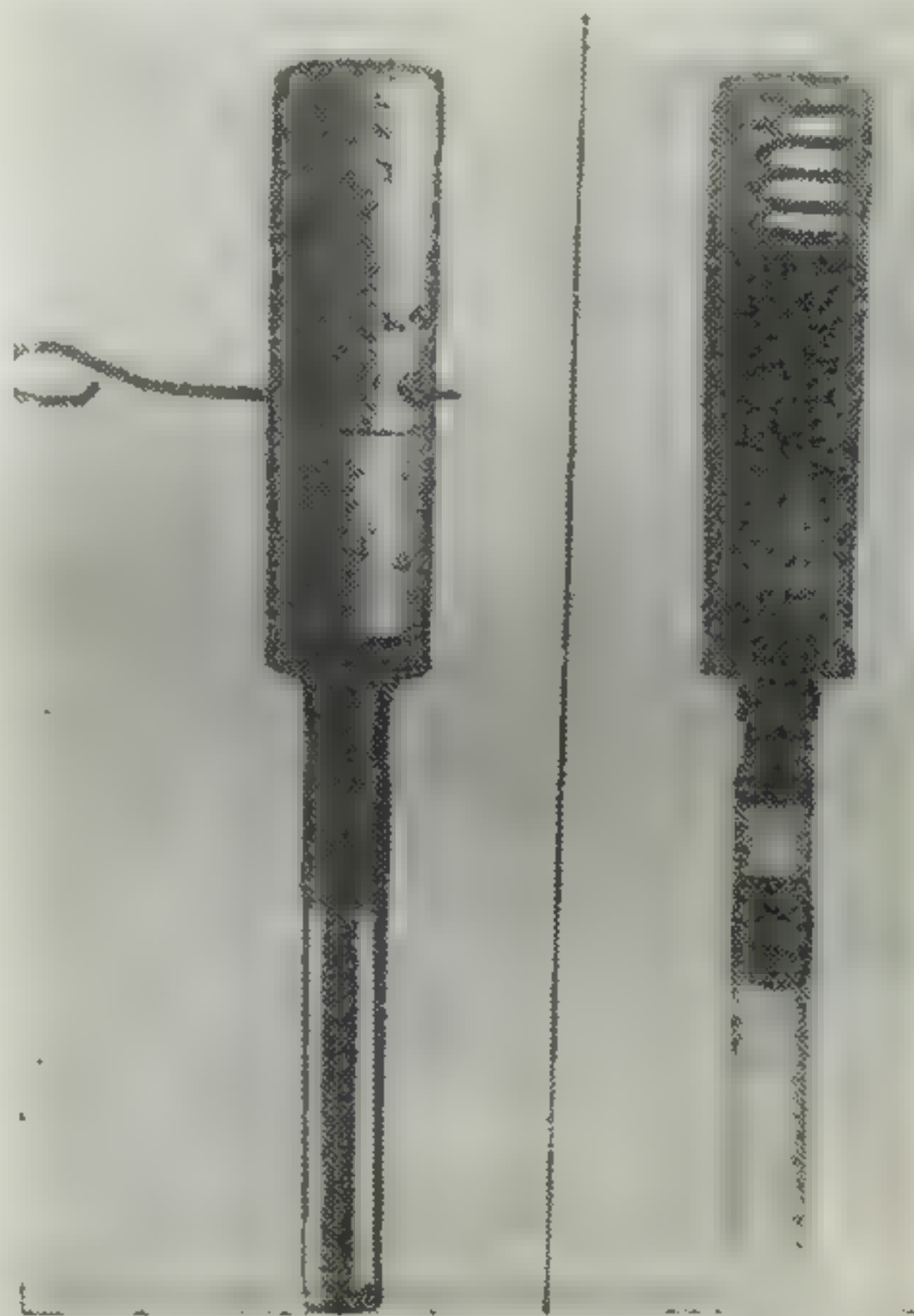


Рис. XIX—13. Фото и рентгенограмма взрывателя

г) Исследование деревянных объектов. На рентгенограммах объектов, изготовленных из дерева, хорошо видны имеющиеся в дереве металлические предметы, сучки, трещины и т. п.

Для производства снимков деревянных предметов пользуются сравнительно низкими напряжениями. Так, при исследовании деревянных пластинок, спичек и подобных предметов толщиной до 3—4 мм следует применять мягкие лучи с напряжением 10—15 кв. При исследовании объектов до 20 мм толщиной — напряжение 30 кв; при толщине до 10 см — напряжение порядка 45—60 кв и при толщине 15—20 см — напряжение порядка 60—70 кв. Фокусное расстояние для получения достаточно резких рентгенограмм следует брать не менее 50—60 см, причем тем большее, чем больше толщина просвечиваемого объекта. При снимках дерева без экранов компенсаторы, как правило, не нужны.

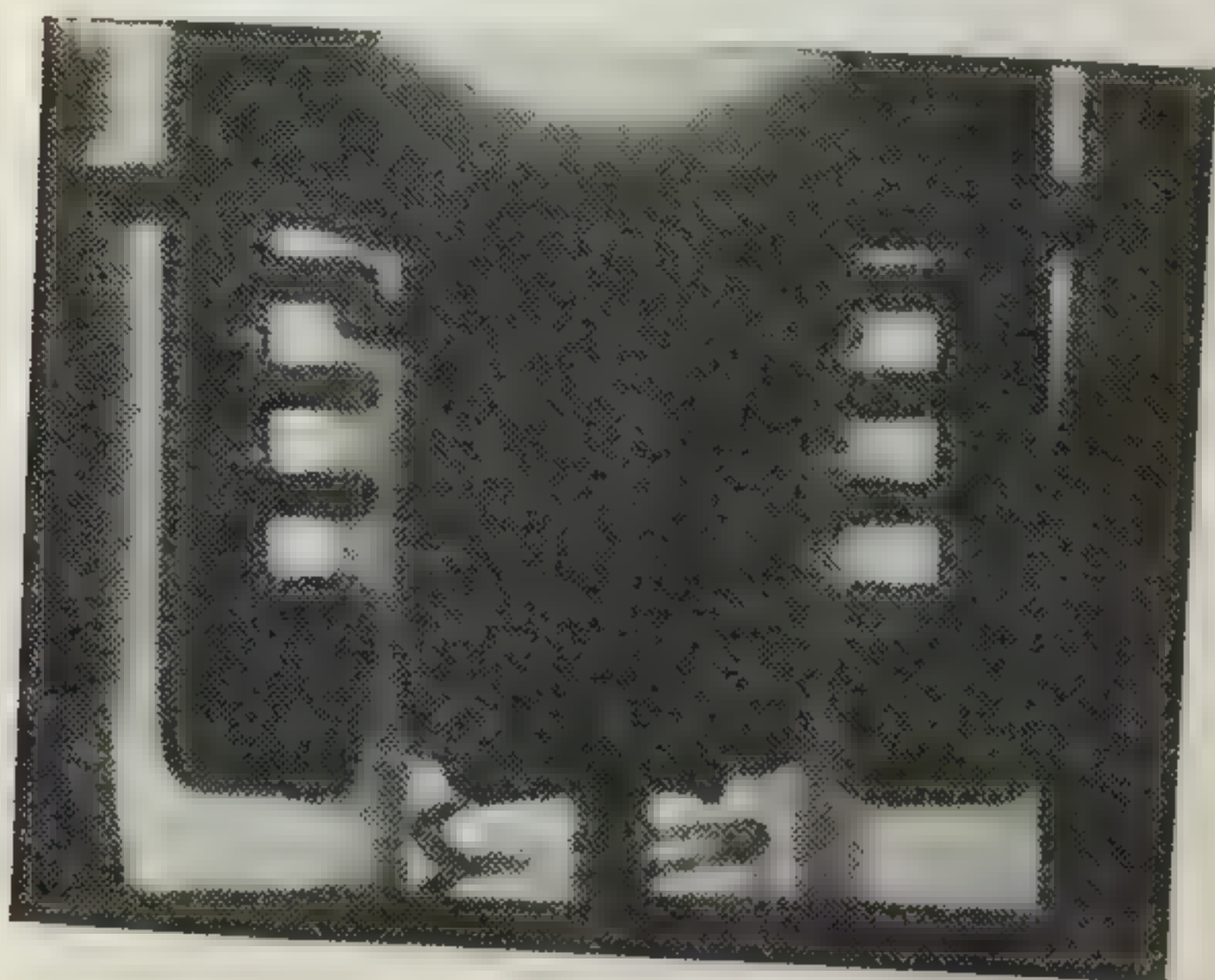


Рис. XIX—14. Рентгенограмма замка (позитив)

трастной массой. В качестве таковой может быть использована взвесь порошка сернокислого бария в воде или окиси свинца в минеральном масле. В зависимости от характера исследуемого повреждения дерева она готовится либо в виде пасты, либо в виде жидкой сметаны. В последнем случае взвесь легко заполняет даже глубокие отверстия, вода впитывается древесиной, а порошок сернокислого бария остается на внутренней поверхности. Применение контрастных веществ дает возможность получать очень четкие рентгенограммы. В качестве примера можно привести следующий случай.

На исследование был прислан кусок доски, выпиленный из двери с имевшимися в нем повреждениями. На разрешение экспертизы был поставлен вопрос: произведены ли имеющиеся повреждения ножом, при попытке

открыть дверь снаружи, или же в данном случае имелось пулевое отверстие, у которого с целью маскировки края были изрезаны ножом. Для решения вопроса существенным представилось определение формы повреждения, имеющегося в дереве. С этой целью в отверстие была введена контрастная масса, после чего была произведена рентгенограмма. На полученной рентгенограмме видно, что отверстие сквозное, прямолинейное и по диаметру в средней части, где оно не было повреждено ножом, соответствует калибру пули.

д) Обнаружение признаков выстрела. Исследование в рентгеновских лучах может быть применено для обнаружения признаков близкого выстрела, например: пояски металлизации вокруг пулевого отверстия, остатков инициирующего состава капсюля в коже. Могут быть также обнаружены застрявшие в коже и в тканях одежды порошинки, а в некоторых случаях и копоть, в состав которой входят мельчайшие металлические частицы.

Все подобные снимки производятся в мягких рентгеновских лучах при напряжении 5—10 кв, в зависимости от толщины объекта. Объект при этом укладывается непосредственно на эмульсионный слой пленки или пластинки. Если объектом является кусочек кожи, вырезанной из трупа, то между эмульсионным слоем пленки и кусочком кожи помещается листок парафинированной папиросной бумаги. Фокусное расстояние берется небольшим, порядка 7—15 см. На рис. XIX—15 приведена рентгенограмма кусочка ткани, вырезанного из одежды в области пулевого отверстия при выстреле с расстояния 20—30 см. На рентгенограмме хорошо видны несгоревшие порошинки, окружающие пулевое отверстие.

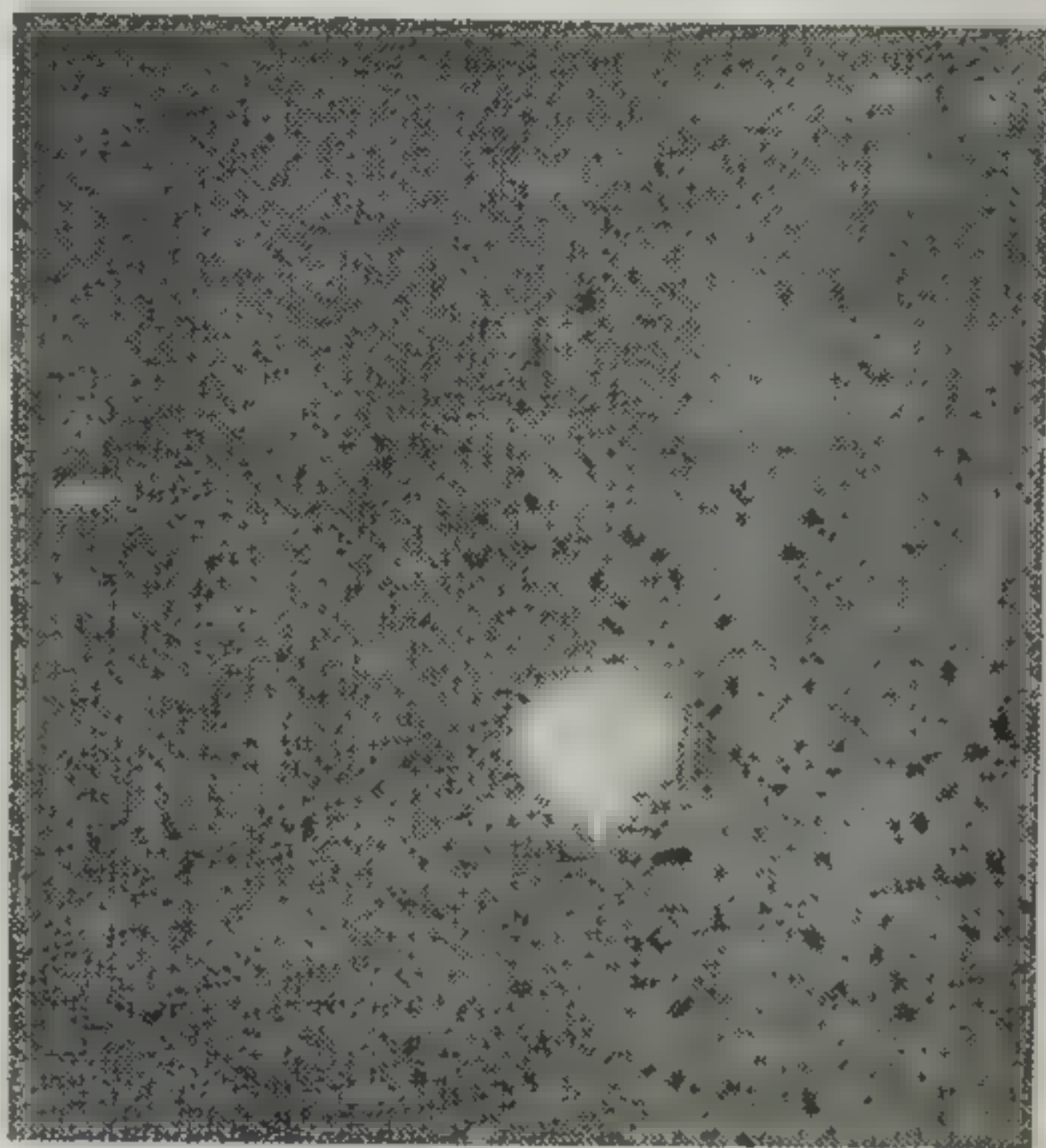


Рис. XIX—15. Порошинки на ткани (позитив)

Кроме обнаружения признаков близкого выстрела рентгеновские лучи могут быть использованы для выявления следов свинца на твердых предметах при выстрелах свинцовой пулей или дробью с любого расстояния.

Так, в одном случае на исследование была прислана пластинка кости, оторванная от крышки черепа, причем перед экспертизой был поставлен вопрос — не было ли нанесено повреждение выстрелом из охотничьего ружья, заряженного дробью. На снимке, произведенном при напряжении 12 кв, в отдельных местах были обнаружены следы вещества, сильно поглощающего рентгеновские лучи. Эти места были подвергнуты затем химическому исследованию, обнаружившему свинец.

е) Исследование документов. При исследовании документов применяется либо просвечивание мягкими рентгеновскими лучами при напряжении 4,5—8 кв, либо одна из методик фотоэлектронографии.

Рентгеновское исследование документов может оказаться полезным в следующих случаях:

1. Сравнительные исследования чернил и карандашей. Основой является возможность дифференцировать чернильные или карандашные штрихи, хотя и одинаковые по цвету, но отличающиеся друг от друга по своему химическому составу, в частности, по содержанию элементов со значительным атомным номером. Таким образом можно, например, отличить чернила, в состав которых входят соли металлов, от анилиновых и т. п.

2. Исследование замазанных и залитых текстов путем просвечивания рентгеновскими лучами дает достаточно удовлетворительные результаты только в том случае, если текст написан чернилами или карандашом, поглощающим рентгеновские лучи, например, когда надпись, исполненная цветным карандашом, замазана черным, графитным или же залита тушью. В этом случае обычная фотографическая методика является бесполезной, так как графит и тушь, содержащая сажу, являются непрозрачными как для видимых, так и для невидимых инфракрасных и ультрафиолетовых лучей. Удаление графита при помощи липких пленок, как это рекомендуется некоторыми авторами, может легко привести к порче документа. Наиболее целесообразным в данном случае является производство фотоэлектронограммы по второму способу, т. е. при непосредственном контакте

эмульсионного слоя пластинки или плёнки с исследуемым местом документа (рис. XIX—8).

3. Исследование места пересечения штрихов с целью установления хронологической последовательности их нанесения. Просвечивание рентгеновскими лучами может оказаться полезным в некоторых случаях установления хронологической последовательности нанесения штрихов, когда иные методы не дают удовлетворительных результатов. Для иллюстрации этого можно привести следующий случай.

Штрих красного карандаша пересекался штрихом графитного карандаша. Требовалось установить, какой из двух штрихов был проведен раньше. Обычные методы микроскопического исследования, в том числе исследование с opak-иллюминатором, в данном случае оказались бесполезными. Так же ничего существенного не дало получение оттиска на смоченной желатинированной бумаге, так как ни один из штрихов не был проведен копировальным карандашом. Состояние бумаги в месте пересечения штрихов не позволило применить исследование в ультрафиолетовых лучах при вертикальном освещении объекта.

На микрорентгенограмме исследуемого места пересечения штрихов, снятой в мягких рентгеновских лучах, штрих красного карандаша был хорошо виден в виде светлой линии, причем по характеру отложения пишущей массы можно было установить направление движения карандаша. Штрих, проведенный графитным карандашом, на микрорентгенограмме не виден, так как графит прозрачен для рентгеновских лучей. Однако в том месте, где должен был проходить штрих графитного карандаша, наблюдался ряд светлых точек, представляющих собой частицы массы красного карандаша, захваченные графитным. На основании полученной рентгенограммы можно было прийти к выводу о том, что штрих графитного карандаша проведен поверх штриха красного карандаша.

4. В качестве так называемых симпатических чернил, служащих для производства невидимых записей, применяется большое количество различных химических соединений. Среди этих соединений встречаются соли различных металлов — ртути, меди, кадмия, свинца, вис-

мута, олова, сурьмы, мышьяка, железа, никеля, цинка, бария и др.

Для прочтения текстов, исполненных такими чернилами, может быть с успехом применено исследование в мягких рентгеновских лучах, в тех случаях, когда в качестве симпатических чернил использованы соединения элементов со значительным атомным номером (более 24).

Хорошие результаты могут быть получены при обоих способах фотоэлектронографии; когда имеются элементы с высоким атомным номером, лучше применять второй способ. В контакт со светочувствительным слоем приводится та сторона документа, на которой по предположению имеется невидимый текст.

5. Рентгенограммы бумаги выявляют ее структуру, а также наличие и характер распределения минеральных наполнителей, входящих в состав бумаги и картона.

Рентгенограммы бумаги производятся при напряжениях порядка 4,5—8 кв для тонких, и 8—10 кв для плотных сортов. В случае очень тонких листов бумаги для получения достаточно контрастных снимков лучше пользоваться первым методом фотоэлектронографии.

Загрязнение бумаги красителями органического происхождения, а также частичное или даже полное обугливание ее не влияет заметно на характер рентгенограммы, обусловленный наличием и определенным распределением минеральных наполнителей. Таким образом, исследование путем просвечивания рентгеновскими лучами оказывается возможным и в тех случаях идентификации бумаги, когда один или оба сравниваемых образца полностью или частично обуглены.

При идентификации бумаги, так же как и при иных сравнительных исследованиях, просвечивание рентгеновскими лучами является вспомогательным методом, который должен применяться в совокупности с другими методами исследования.

6. Просвечивание почтовых отправок рентгеновскими лучами позволяет установить наличие вложения в запечатанном конверте, а также обнаружить следы вторичной заклейки конверта.

Обнаружение следов вторичной заклейки возможно в тех случаях, когда она производилась при помощи так называемого силикатного клея. Обычно клапан конверта покрывается слоем декстринового клея, прозрач-

ного для рентгеновских лучей, силикатный же клей сильно поглощает мягкие рентгеновские лучи. Наличие силикатного клея может быть обнаружено по снимку в рентгеновских лучах (рис. XIX—16). Просвечиванием рентгеновскими лучами можно также установить, не снимая марки с конверта, не наклеена ли она при помощи силикатного клея.

При подделке ценных документов, исполненных типографским способом, иногда прибегают к переправке од-

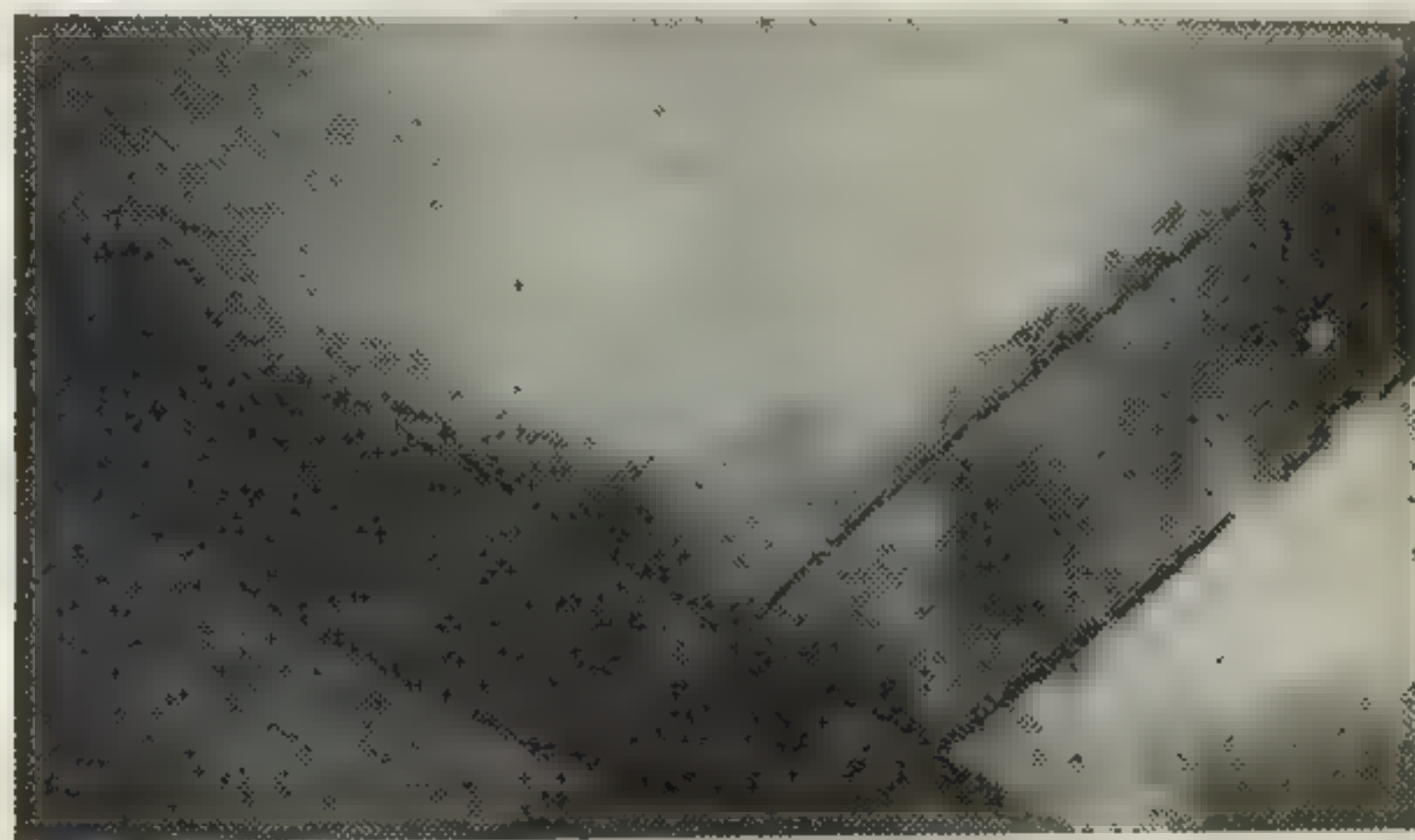


Рис. XIX—16. Клапан конверта, заклеенного силикатным клеем

ной или нескольких надписей или цифр. Примером могут служить дела с переправкой номеров облигаций и лотерейных билетов.

Цветные типографские краски содержат обычно минеральные красители, поглощающие рентгеновские лучи. В то же время переправки и исправления повреждений сетки, нанесенных при выскабливании и дорисовке цифр, производятся чаще всего анилиновыми красителями, прозрачными для рентгеновских лучей. Наличие подобного рода исправлений и дорисовок может быть обнаружено путем просвечивания мягкими рентгеновскими лучами или при помощи фотоэлектронографии.

ж) Различные возможности применения рентгеновских лучей при исследовании вещественных доказательств. Кроме перечисленных случаев, рентгеновские лучи могут быть использованы и при ряде других исследований. Путем просвечивания рентгеновскими лучами могут быть легко обнаружены различные металлические

предметы и стекло в пищевых продуктах. Применяя методику рентгеноскопии, можно в короткое время осмотреть большое количество объектов.

Методика микрорентгенографии может быть использована для обнаружения в муке примесей минерального происхождения, при исследовании пыли с целью выявления имеющихся в ней металлических частиц, исследовании текстильных тканей. На экспертизу представили пальто, причем поставили вопрос, не был ли удален ранее находившийся на клапане внутреннего кармана оттиск штампа фабрики, на которой сшито пальто. Хотя визуально оттиск штампа не различался, однако на рентгенограмме, снятой в мягких лучах (9 киловольт), оказались довольно четко видны контуры оттиска штампа. При нанесении оттиска часть мастики, которой ставился оттиск, впиталась волокнами ткани и не могла быть удалена поэтому при механическом соскабливании оттиска.

Исследованием в рентгеновских лучах легко отличить настоящие алмазы и бриллианты от поддельных. В то время, как настоящие состоят из углерода и потому прозрачны для рентгеновских лучей, искусственные, изготовляемые из свинцового или баритового стекла, в сильной степени поглощают рентгеновские лучи.

При судебно-медицинских исследованиях рентгеновские лучи оказываются полезными для установления наличия костей в золе, для обнаружения осколков пули, дробинок и проглоченных металлических предметов.

Рентгеновские лучи позволяют также устанавливать возраст по наличию и расположению центров окостенения, опознавать по рентгенограммам неопознанные трупы, устанавливать факт живорожденности и т. п.

ЛИТЕРАТУРА

В. К. Шмелев, Рентгеновские аппараты, Госэнергоиздат, М.—Л., 1957.

В. С. Соколов, Дефектоскопия материалов, Госэнергоиздат, М.—Л., 1955.

Под ред. А. Я. Кацмана «Медицинская рентгенотехника», Медгиз, 1957.

А. К. Трапезников, Рентгенодефектоскопия, Машгиз, М., 1948.

К. К. А.
Мет.
Б. Р. К.
экспертиза.
Б. Р. К.
экспертиза, в
Н. В. Тер
Е. Б. Герке
1948.
Ю. П. Ку
ние, Учпедгиз, 1
М. В. Мал
1952.
И. М. Фр
Э. А. Финн
вып. 6, М., 1955.
Б. Р. Ки
1958, № 1.
А. К. Тра
№ 8, стр. 945.
Л. М. Эй
1933, № 6.
М. Г. Кон
ференции, Киев,
М. Г. Кон
судебных медико
Б. Р. Ки
экспертиза, Сб. 2
Van Ledden
А. В. Киз
Алма-Ата, 1958.
А. В. Киз
тики, Алма-Ата,

32 Фотогр. и

В. В. Дмоховский и А. И. Рудерман, «Рентгентехнический справочник», М., 1949.

Д. Г. Гогоберидзе, «Успехи физических наук», 1953 г., т. 50, № 4, стр. 577—599.

А. В. Бибергаль, У. Я. Маргулис и Е. М. Воробьев, Защита от рентгеновских и гамма-лучей, Медгиз, 1955.

К. К. Аглинцев, Основы дозиметрии ионизирующих излучений, Медгиз, 1955.

Б. Р. Киричинский, «Криминалистика и научно-судебная экспертиза», вып. 2, Киев, 1948, стр. 56—72.

Б. Р. Киричинский, «Криминалистика и научно-судебная экспертиза», вып. 3, Киев, 1949, стр. 45—54.

Н. В. Терзиев, Б. Р. Киричинский, А. А. Эйсмэн, Е. Б. Геркен, Физические исследования в криминалистике, М., 1948.

Ю. П. Курдиновский, Рентгеновские лучи и их применение, Учпедгиз, 1954.

М. В. Мальцев, Рентгенография металлов, Metallurgizdat, 1952.

И. М. Фридман, Микрофотокопирование, М., 1955.

Э. А. Финн, «Советская криминалистика на службе следствия», вып. 6, М., 1955.

Б. Р. Киричинский, «Судебномедицинская экспертиза», 1958, № 1.

А. К. Трапезников, Заводская лаборатория 1947 г., т. 13, № 8, стр. 945.

Л. М. Эйдлих, Вестник рентгенологии и радиологии, т. XII, 1933, № 6.

М. Г. Кондратов, Рефераты 2-й расширенной научной конференции, Киев, 1956.

М. Г. Кондратов, Материалы III Всесоюзного совещания судебных медиков экспертов, Рига, 1957.

Б. Р. Киричинский, Криминалистика и научно-судебная экспертиза, Сб. 2, Киев, 1948, стр. 261—264.

Van Ledden—Hülsebosch, Archiv für Kriminologie, N 88, s. 233.

А. В. Кизнер, Рефераты докладов научной конференции, Алма-Ата, 1958.

А. В. Кизнер, Вопросы судебной экспертизы и криминалистики, Алма-Ата, 1959.

Глава XX

ПРИМЕНЕНИЕ РАДИОАКТИВНЫХ ИЗОТОПОВ И ИЗЛУЧЕНИЙ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ ВЕЩЕСТВЕННЫХ ДОКАЗАТЕЛЬСТВ

§ 1. Радиоактивные излучения и их свойства

Под радиоактивностью принято понимать свойство некоторых элементов непрерывно и без каких-либо внешних воздействий испускать невидимые лучи, которые, подобно рентгеновским, способны проникать сквозь непрозрачные для видимого света предметы и оказывать фотографическое и ионизационное действие. В настоящее время известно большое количество радиоактивных изотопов всех элементов периодической системы Менделеева. Общее количество известных радиоактивных изотопов более 700; подавляющее большинство их в природе не встречается и может быть получено искусственным путем.

Известны три вида излучений, даваемых радиоактивными элементами, существенно различающихся по своим свойствам и получивших название альфа-, бета- и гамма-лучей.

Наименьшей проникающей способностью обладают альфа-лучи, представляющие собой ядра атомов гелия; эти лучи поглощаются уже листом обыкновенной писчей бумаги. В воздухе эти лучи проходят путь не более 7—8 см.

Бета-лучи, представляющие собой поток быстро летящих отрицательно (электронов) или положительно (по-

Результаты исследования
показывают, что радиоактивные
излучения имеют различную
проникающую способность. При
использовании радиоактивных
изотопов в криминалистике
для установления состава
веществ. Наибольшее значение
имеют гамма-лучи. Эти лучи
видимого спектра, проникают
только на глубину 0,1—0,005 А.
очень высокая проникающая
способность кобальта-60
используется в криминалистике
для просвечивания объектов
(магнитограф), а также для
измерения плотности
ионизирующего излучения
тонких слоев. При работе
с радиоактивными веществами
необходимо соблюдать меры
предосторожности, которые
следует соблюдать при работе
с радиоактивными веществами
для предотвращения заражения
перевозки, хранения и
утилизации.

§ 2. Гамма-лучи
Применение радиоактивных
изотопов с целью установления
также обнаружения веществ
на основе их радиоактивных
свойств.

32*

зитронов) заряженных частиц, обладают по сравнению с альфа-лучами большей проникающей способностью. Различные радиоактивные изотопы дают бета-лучи, отличающиеся по своей проникающей способности. Проникающая способность бета-лучей характеризуется слоем полного поглощения, т. е. такой толщиной слоя того или иного материала, которая полностью поглощает данное излучение. Проникающая способность зависит от энергии бета-частиц и повышается с увеличением этой энергии. Для наиболее проникающих бета-лучей, применяемых в криминалистической практике, слой полного поглощения составляет 3—4 мм алюминия или 9—10 мм воды.

Наибольшей проникающей способностью обладают гамма-лучи. Эти лучи по своей природе аналогичны лучам видимого света и рентгеновским, отличаясь от них только меньшей длиной волны, которая составляет 0,1—0,005 Å. Проникающая способность гамма-лучей очень высока. Так, гамма-лучи, даваемые радиоактивным кобальтом, проходят через стальные плиты толщиной в несколько десятков сантиметров.

В криминалистике нашли применение гамма-лучи для целей просвечивания вещественных доказательств (гаммаграфия), а также бета-лучи — для бесконтактных измерений плотности объектов и бетаграфии, т. е. просвечивания тонких объектов при помощи бета-лучей. Возможности применения в криминалистике альфа-лучей пока еще только намечаются.

При работе с радиоактивными излучениями всегда необходимо помнить о вредном действии их на организм, которое может проявиться спустя длительное время после работы с изотопами. Поэтому при работах с радиоактивными веществами и излучениями необходимо строго придерживаться установленных санитарных правил перевозки, хранения и работы с радиоактивными изотопами.

§ 2. Гаммаграфия (гаммадефектоскопия)

Применение гамма-лучей для просвечивания объектов с целью установления их внутреннего устройства, а также обнаружения имеющихся в них дефектов основано на свойстве этих лучей неодинаково проникать через

какой-либо материал при различной его толщине и сквозь различные материалы при одинаковой толщине.

Схема просвечивания объектов гамма-лучами представлена на рис. XX—1. Излучаемые источником гамма-лучи проходят через исследуемый объект и попадают на фотопленку, вызывая ее почернение. Почернение пленки будет больше в тех местах, где меньше толщина объекта или где содержится материал, менее поглощающий гамма-лучи. В этом отношении просвечивание гамма-лучами сходно с просвечиванием материалов рентгеновскими лучами.

Проникающая способность гамма-лучей зависит от длины волны; более коротковолновые лучи обладают большей проникающей способностью. Кроме того, она зависит от атомного номера просвечиваемого вещества. Чем больше атомный номер вещества, тем сильнее оно поглощает гамма-лучи.

На практике принято характеризовать гамма-лучи не длиной волны, а энергией кванта излучения. Энергия кванта гамма-излучения выражается в электрон-вольтах. Один электрон-вольт равен той энергии, которую приобретает электрон в электрическом поле под влиянием разницы потенциалов в 1 вольт. В криминалистике применяется гамма-излучение с энергией квантов 0,08—1,3 миллиона электрон-вольт (сокращенно — МЭВ). Для сравнения укажем, что применяемые в криминалистике рентгеновские лучи имеют энергию от 4 до 200 тысяч электрон-вольт.

Каждый радиоактивный изотоп, кроме энергии излучения, характеризуется также периодом полураспада, под которым понимают то время, в течение которого распадается половина атомов данного изотопа. Зная период полураспада, можно определить то время, в течение которого тот или иной изотоп может быть использован для практических целей. Обычно это время составляет от 3 до 5 периодов полураспада. С другой стороны, зная период полураспада, можно определить уменьшение активности радиоактивного изотопа со временем и вычислить активность его на момент производства снимка, отчего зависит экспозиция. В нижеследующей таблице приведены данные относительно уменьшения активности радиоактивного препарата со временем в зависимости от количества прошедших периодов полураспада.

Количество пр
шедших перио
полураспада

0
0,02
0,04
0,06
0,08
0,1
0,2
0,3
0,4
0,5
0,6
0,8
1,0
1,25

Кюри в
для измерен
случаях, есл
почитают из
зываемой «
зывается та
торое дает
как и 1 г р
разное соотн
указываемое
мер, для ра
ствует 1,6 гр

Активность радиоактивных препаратов принято измерять в единицах кюри. Активность в 1 кюри имеет такой препарат, в котором каждую секунду распадается $3,7 \cdot 10^{10}$ атомов, т. е. приблизительно столько же, сколько у 1 грамма радия. Применяются также единицы — милликюри (мкюри), т. е. 0,001 кюри и микрокюри (мккюри) = 0,000001 кюри.

Количество прошедших периодов полураспада	Активность препарата в %	Количество прошедших периодов полураспада	Активность препарата в %
0	100	1,50	35
0,02	98	1,75	30
0,04	97	2,0	25
0,06	96	2,5	18
0,08	95	3,0	12,5
0,1	93	3,5	8,8
0,2	87	4,0	6,2
0,3	81	4,5	5,6
0,4	76	5,0	3,1
0,5	71	6,0	1,6
0,6	66	7,0	0,78
0,8	57	8,0	0,39
1,0	50	9,0	0,2
1,25	42	10,0	0,1

Кюри в качестве единицы активности применяется для измерения всех трех видов излучений. В некоторых случаях, если речь идет только о гамма-излучении, предпочитают измерять активность не кюри, а единицей, называемой «грамм-эквивалент». Грамм-эквивалентом называется такое количество радиоактивного вещества, которое дает такую же интенсивность гамма-излучения, как и 1 г радия. Для различных изотопов существует разное соотношение между кюри и грамм-эквивалентом, указываемое в специальных таблицах. Так, например, для радиоактивного кобальта 1 кюри соответствует 1,6 грамм-эквивалента.

В таблице приведены данные относительно энергии излучения и периода полураспада для изотопов, чаще всего применяемых для целей гаммаграфии криминалистических объектов.

Наименование изотопа ¹	Энергия гамма-лучей МэВ	Период полураспада	Область применения
Co ⁶⁰	1,33; 1,17	5,3 года	Просвечивание металлических (железо, медь) изделий толщиной от 25 до 250 мм
Ir ¹⁹²	0,61	74 дня	То же при толще объектов до 50 мм
Cs ¹³⁷	0,66	33 года	То же
Ti ¹⁷⁰	0,084	129 дней	Вместо рентгеновских лучей для просвечивания объектов средней плотности

Техника получения гаммарadiограмм. Принципиальная схема установок для гаммаграфии или, как ее иначе называют, гаммадефектоскопии приведена на рис. XX—1.

Источник гамма-лучей находится в защитном кожухе-контейнере с отверстием для выхода лучей. Задача контейнера защитить персонал от вредного действия гамма-излучения. Стенки контейнера чаще всего изготавливаются из свинца, как материала, сильнее всего поглощающего гамма-лучи. Толщина стенок составляет 5—10 см в зависимости от активности препарата и проникающей способности излучения.

Просвечиваемый объект укладывают на пленку, находящуюся в кассете (могут быть использованы рентгеновские кассеты) или же непрозрачном для света па-

¹ Радиоактивные изотопы принято обозначать, указывая их химический символ (Co, P, Ca и др.) и атомную массу, которая пишется справа сверху.

кете из черной бумаги. Для уменьшения действия рассеянных лучей рекомендуется под кассету подложить железную пластинку толщиной 5—10 мм.

После установки контейнера и кассеты контейнер открывают, и пучок гамма-лучей проходит через исследуемый объект на пленку. Через определенное время контейнер закрывают и пленку проявляют.

Гаммаграфия чаще всего применяется для просвечивания объектов значительной плотности (массивные замки, оружие, боеприпасы и т. п.), недоступных просвечиванию рентгеновскими лучами.

В качестве источника радиоактивного излучения применяется либо радиоактивный кобальт (Co^{60}), либо радиоактивные иридий (Ir^{192}) и цезий (Cs^{137}). Радиоактивный кобальт дает излучение с большой проникающей способностью (1,33 МэВ) и применяется главным образом для просвечивания предметов из железа и меди, толщина которых более 4 см. В случае объектов меньшей плотности, к которым относится большинство вещественных до-

казательств, лучшего качества снимки могут быть получены при применении радиоактивных иридия и цезия, дающих более мягкое излучение. Преимуществом Ir^{192} и Cs^{137} является также и то, что они требуют значительно меньшей защиты работающего персонала.

Для гаммаграфии криминалистических объектов нет необходимости брать большие количества радиоактивных изотопов. В большинстве случаев вполне достаточно 100—400 миллиграмм-эквивалентов.

При небольших активностях операции по открыванию и закрыванию контейнера производятся вручную.

Упрощенная установка для гаммаграфии по Кустановичу состоит из «П»-образного штатива с крю-

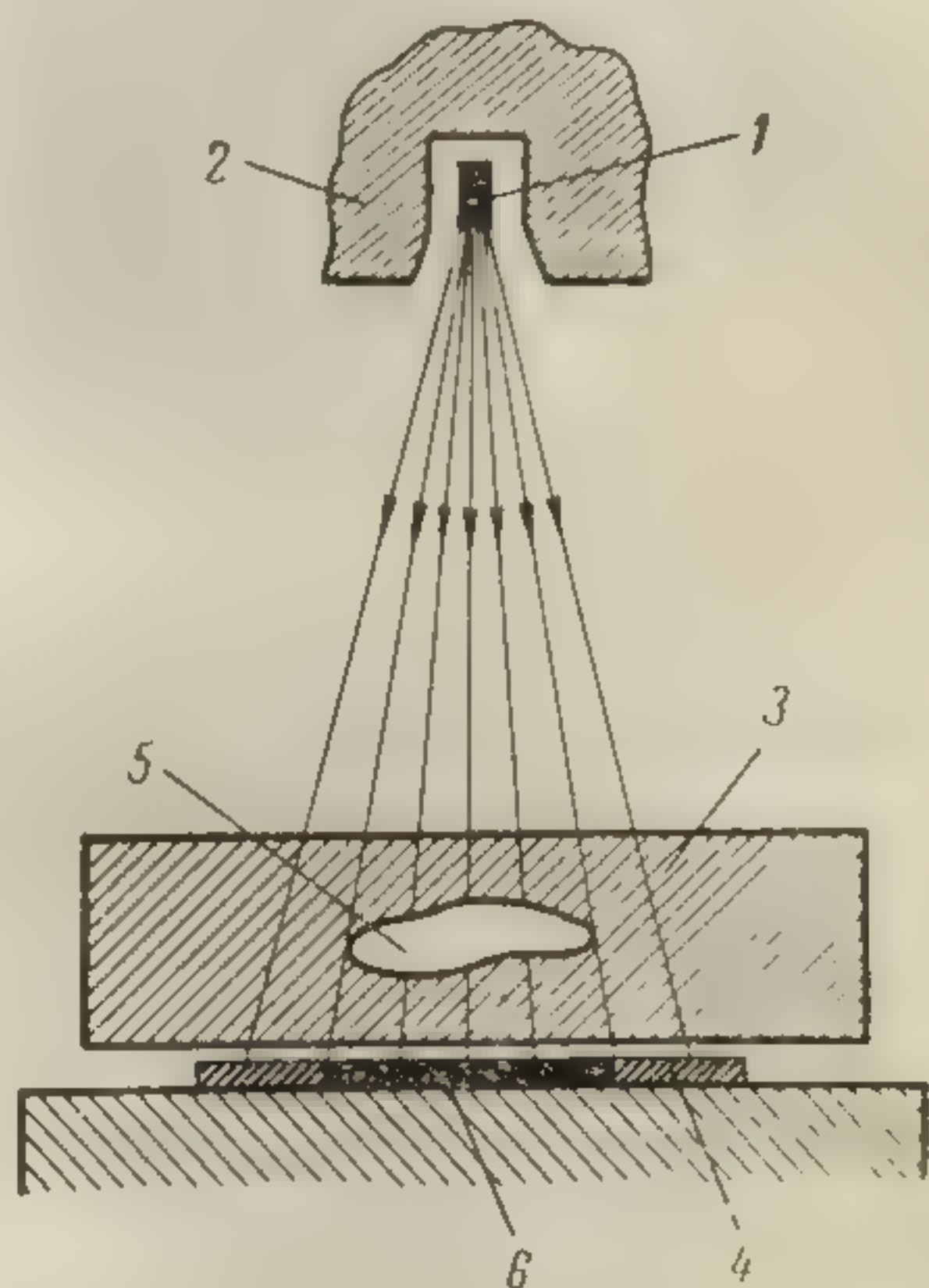


Рис. XX—1. Схема просвечивания объектов гамма-лучами

ком, к которому подвешивается контейнер с радиоактивным изотопом таким образом, чтобы отверстие контейнера было обращено книзу. Расстояние от источника до пленки составляет 40—100 см.

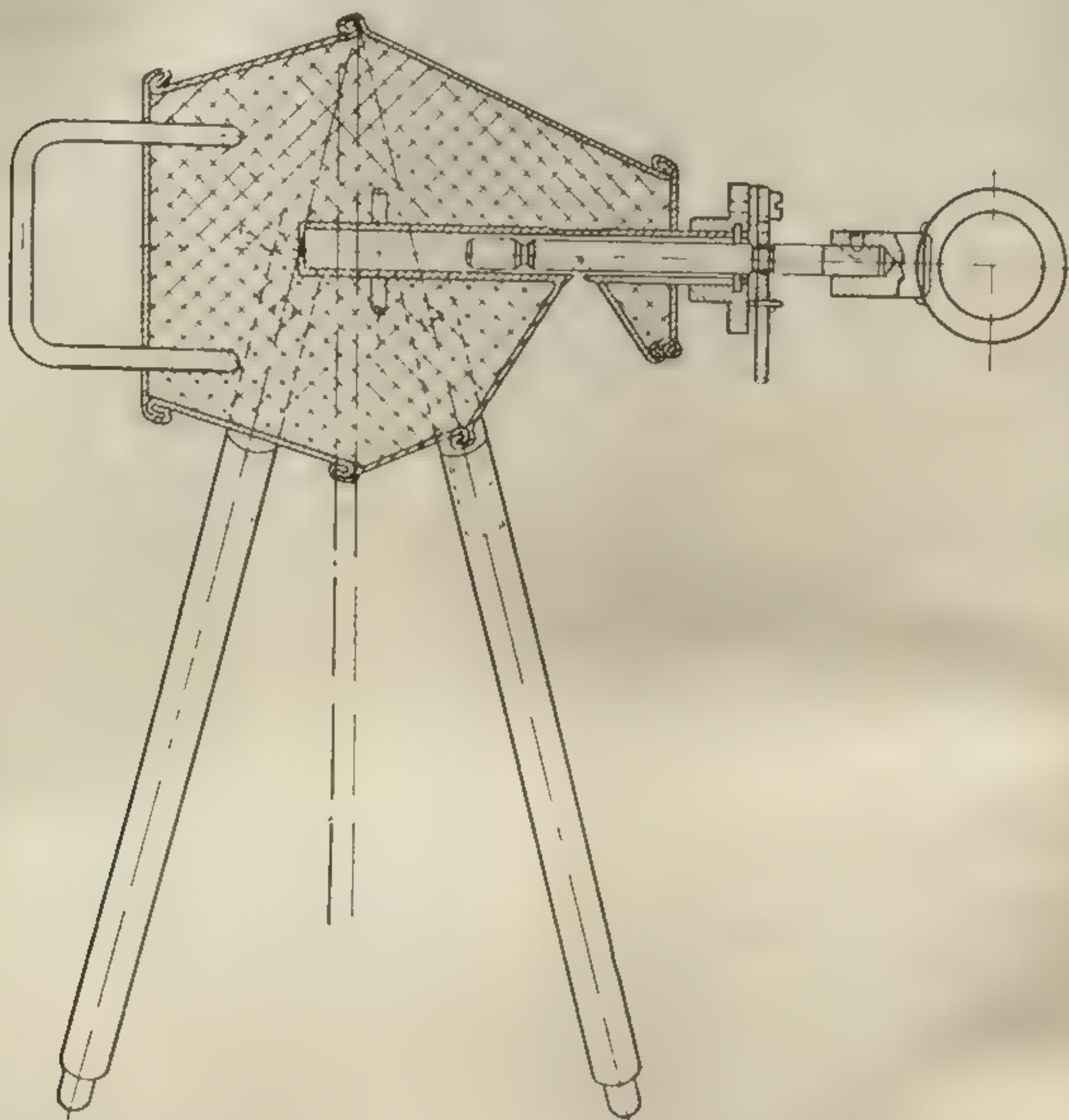


Рис. XX—2. Контейнер КС-5-1

Удобным является применение изготавливаемого нашей промышленностью контейнера КС-5-1, предназначенного для препаратов Co^{60} активностью до 0,4 грамм-эквивалента или Ir^{192} активностью до 20 грамм-эквивалента. Общий вид контейнера представлен на рис. XX—2. В нерабочем положении радиоактивный препарат закрыт со всех сторон слоем свинца толщиной 6,5 см. При выдвинутом штоке источник располагается против конической диафрагмы, пропускающей пучок гамма-лучей с углом расхождения около 70° . Расстояние от источника до пленки 40 см.

При работе с источниками гамма-излучения необходимо иметь в виду, что стенки контейнера не обеспечи-

В качестве
графии примен
Пленка XX пр
без усиливаю
щими экранам
Для сокра
кассету между
цовыми фольга
Обычно исп
что и при рен
Применение
щению экспози
но вместе с тем
жения.

Лучшие резу
ния дает приме
цовых фольг. У
вых фольг объ
дом гамма-кван
ствующие на пл
ся между двумя
фольгами толщ
стр. 506 табли
ления для усил
водства и

вают полной защиты работающего персонала от гамма-лучей. Поэтому во время работы следует находиться на возможно большем расстоянии от контейнера; в нерабочее же время контейнер с радиоактивным препаратом должен храниться в нежилом помещении. Лучше всего хранить контейнер в бетонированной яме глубиной 0,5—1 м, в полу подвального этажа.

Для контейнера КС-5-1 безопасное расстояние, на котором может находиться работающий, при 6-часовом рабочем дне, составляет —

от закрытого контейнера	1 м
от открытого контейнера (вне прямого пучка лучей)	3 м

В качестве фотографических материалов для гамма-графии применяют рентгеновскую пленку типа X и XX. Пленка XX предназначена для производства снимков без усиливающих экранов, а пленка X — с усиливающими экранами.

Для сокращения экспозиции пленку укладывают в кассету между двумя усиливающими экранами или свинцовыми фольгами.

Обычно используются те же усиливающие экраны, что и при рентгенографии.

Применение усиливающих экранов ведет к сокращению экспозиции и повышению контрастности снимков, но вместе с тем приводит к ухудшению резкости изображения.

Лучшие результаты в отношении резкости изображения дает применение вместо усиливающих экранов свинцовых фольг. Усиливающее действие в случае свинцовых фольг объясняется тем, что при поглощении свинцом гамма-квантов из него выбиваются электроны, действующие на пленку. Пленка в этом случае укладывается между двумя гладкими (без царапин) свинцовыми фольгами толщиной 0,2—0,4 мм. В приведенной на стр. 506 таблице указаны значения коэффициентов усиления для усиливающих экранов отечественного производства и свинцовых фольг.

Тип пленки	Источник излучения	Просвечиваемый материал	Коэффициент усиления	
			для усиливающих экранов	для двух свинцовых фольг толщиной 0,4 мм
Рентген X . .	Кобальт 60	Сталь 70 мм	12	2,2
» . .	Иридий 192	» 15 »	29	8,0
Рентген XX .	Кобальт 60	» 70 »	2,5	1,6
» .	Иридий 192	» 15 »	5	3,0

Как видно из таблицы, свинцовые фольги дают меньшее усиление, но обладают тем преимуществом, что не ухудшают резкости изображения и ослабляют вредное вуалирующее действие рассеянного излучения.

В случае применения усиливающих экранов или свинцовых фольг особое внимание следует обратить на плотное прилегание экранов и фольг к пленке, так как в противном случае резко ухудшается качество изображения. Хорошие результаты в этом отношении дает применение рентгеновских кассет с пружинами.

Большое значение для качества гаммаграмм имеет правильное проявление. Время проявления вследствие того, что изображение, образованное гамма-лучами, располагается в глубине эмульсионного слоя, должно быть увеличено в 1,5—2 раза по сравнению со временем проявления обычных фотопленок. Особенно неблагоприятно на качестве снимков сказывается недопроявление, в результате которого получаются вялые, малоконтрастные радиограммы.

Экспозиция при гаммаграфии зависит от активности радиоактивного препарата, жесткости даваемого им излучения, толщины радиографируемого объекта, расстояния от источника излучения до пленки, чувствительности взятой пленки и примененных фольг или экранов.

По данным Кустановича, для получения снимков криминалистических объектов (оружие, боеприпасы, замки и др.) при активности препарата Co^{60} , равной 250 милликюри (или 400 мг эквивалентов), фокусном рас-

стоянии (расстояние от изотопа до пленки) 50—60 см и пленке «Рентген Х» с двумя усиливающими экранами, выдержка составляет 10—30 мин.

На рис. XX—3 и XX—4 приведены графики для расчета экспозиции при просвечивании объектов из железа и стали в случае применения радиоактивного кобальта и иридия (или цезия). Эти графики дают величины экспозиции в грамм-эквивалент-часах для пленки «Рентген Х» с двумя усиливающими экранами.

Грамм-эквивалент-часами называется произведение активности взятого радиоактивного изотопа, выраженной в грамм-эквивалентах, на время в часах. Например, если было взято 0,5 грамм-эквивалента Co^{60} , а выдержка составляла 2 часа, то экспозиция равна $0,5 \times 2 = 1$ грамм-эквивалент-часу.

При производстве снимков без усиливающих экранов на пленке «Рентген Х» полученные значения должны быть увеличены в 10 раз при применении Co^{60} и в 25 раз при применении Ir^{192} . Для пленки «Рентген XX» соответствующие коэффициенты равны: 2,5 для Co^{60} и 5 раз для Ir^{192} .

Применение гаммаграфии при кри-

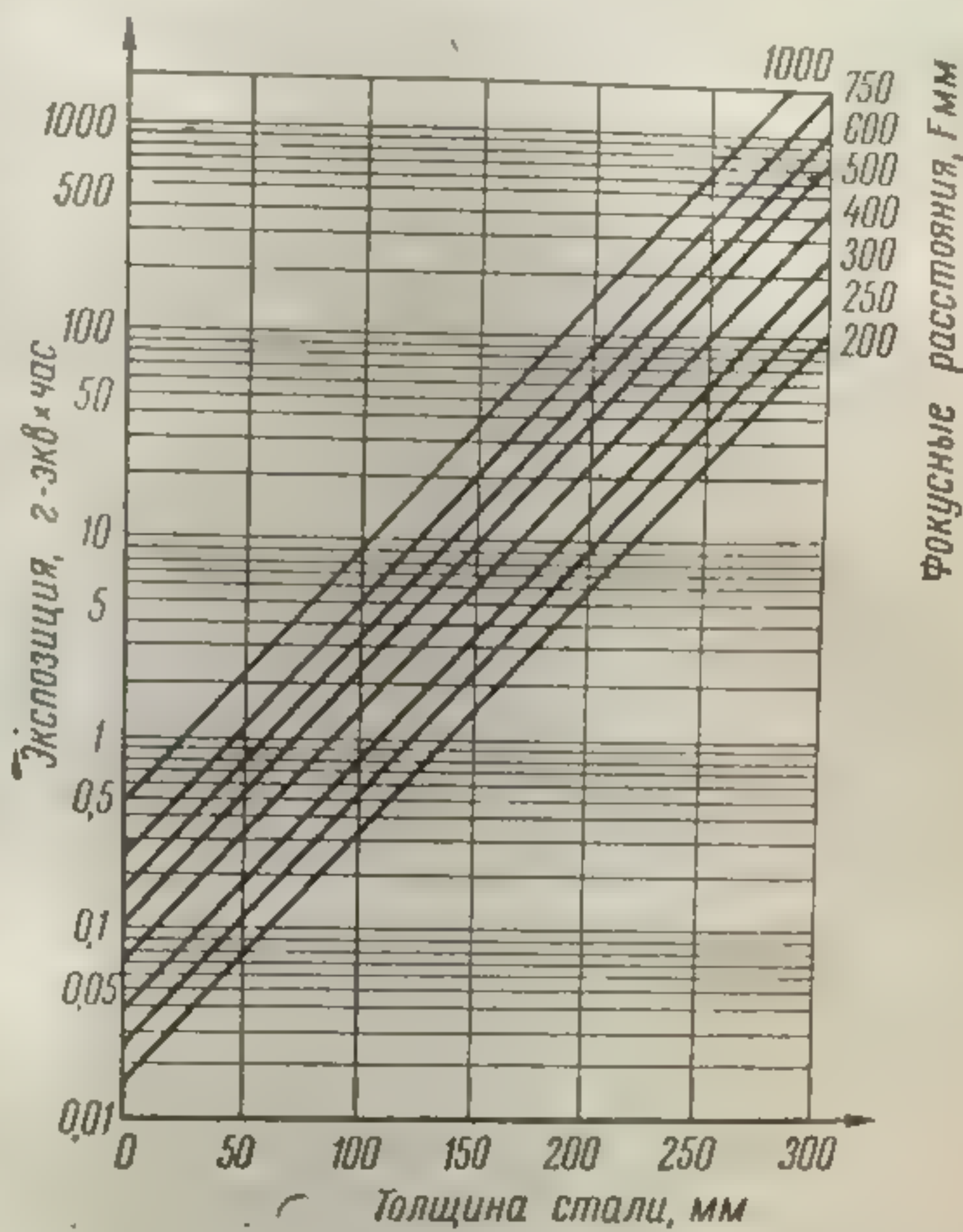


Рис. XX—3. Графики для расчета экспозиции для железа в случае Co^{60}

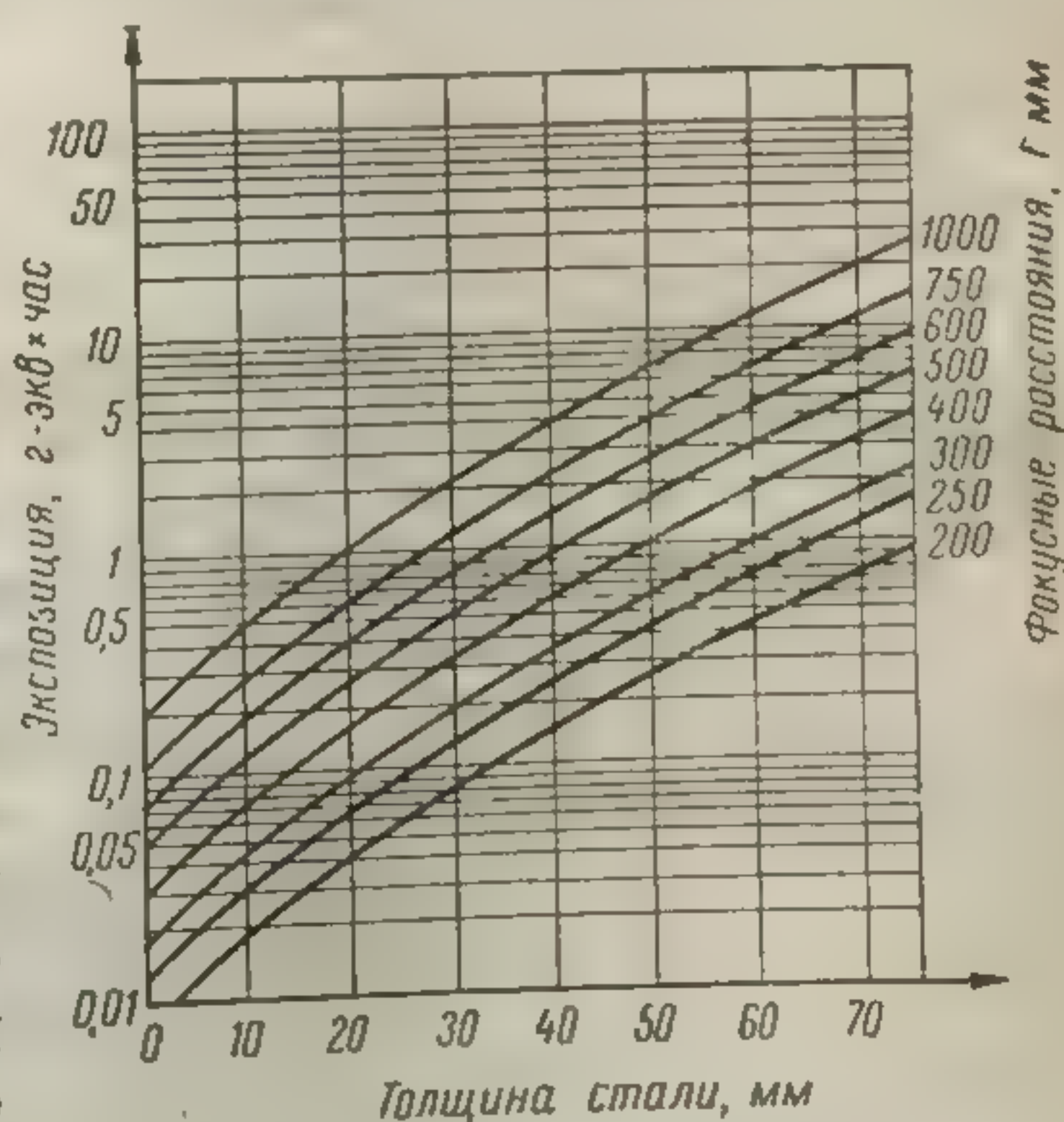


Рис. XX—4. Графики для расчета экспозиции для железа в случае Ir^{192}

миналистических исследованиях. Гаммаграфия при исследовании вещественных доказательств в ряде случаев может заменить исследование в рентгеновских лучах, перед которыми она имеет следующие преимущества:

- а) большая проникающая способность излучения,
- б) используемые для гаммаграфии установки во много раз легче и обращение с ними значительно проще, чем с рентгеновскими установками.

Обычные рентгеновские установки медицинского типа («диагностические») позволяют просвечивать железные и медные предметы толщиной не более 10—12 мм. Для более толстых предметов нужно применять очень громоздкие рентгеновские установки, рассчитанные на высокие напряжения — до 200 киловольт и более.

Эти установки с успехом могут быть заменены установкой для гаммаграфии, во много раз более портативной и простой в работе. Вместе с тем гамма-излучение, даваемое радиоактивными кобальтом, иридием и цезием, является слишком жестким для объектов малой плотности, каковыми, например, являются деревянные предметы, текстильные ткани, части трупа, стекло, пищевые продукты и т. п. В случае этих объектов значительно лучшие результаты могут быть получены при помощи рентгеновских лучей.

В последнее время произведен ряд удачных попыток применить гаммаграфию для исследования объектов малой плотности, подобных перечисленным. Кустанович для этой цели использовал переносную установку с радиоактивным изотопом тулия Ti^{170} , дающим мягкое гамма-излучение с энергией квантов 0,08 МэВ.

При источнике интенсивностью в 40 кюри и фокусном расстоянии 40—50 см минимальные экспозиции составляли 20—50 сек. Полученные снимки были достаточно контрастны и резки, и ими можно было пользоваться для определения наличия и локализации металлических инородных тел в трупе и переломов костей.

В практике КНИИСЭ гаммаграфия с Ti^{170} применяется для получения радиограмм различного рода вещественных доказательств вместо рентгеновской установки, давая в ряде случаев очень хорошие результаты (рис. XX—5).

Гаммаграфия с Co^{60} , Ir^{192} , Cs^{137} и Tl^{208} может быть с успехом применена в следующих случаях:

- 1) выявление деталей и особенностей устройства различных образцов оружия, в том числе оружия сильно заржавленного и не поддающегося разборке;
- 2) просвечивание боеприпасов как к нарезному, так и к гладкоствольному оружию, а также различного рода запалов, детонаторов, взрывателей и т. п.;

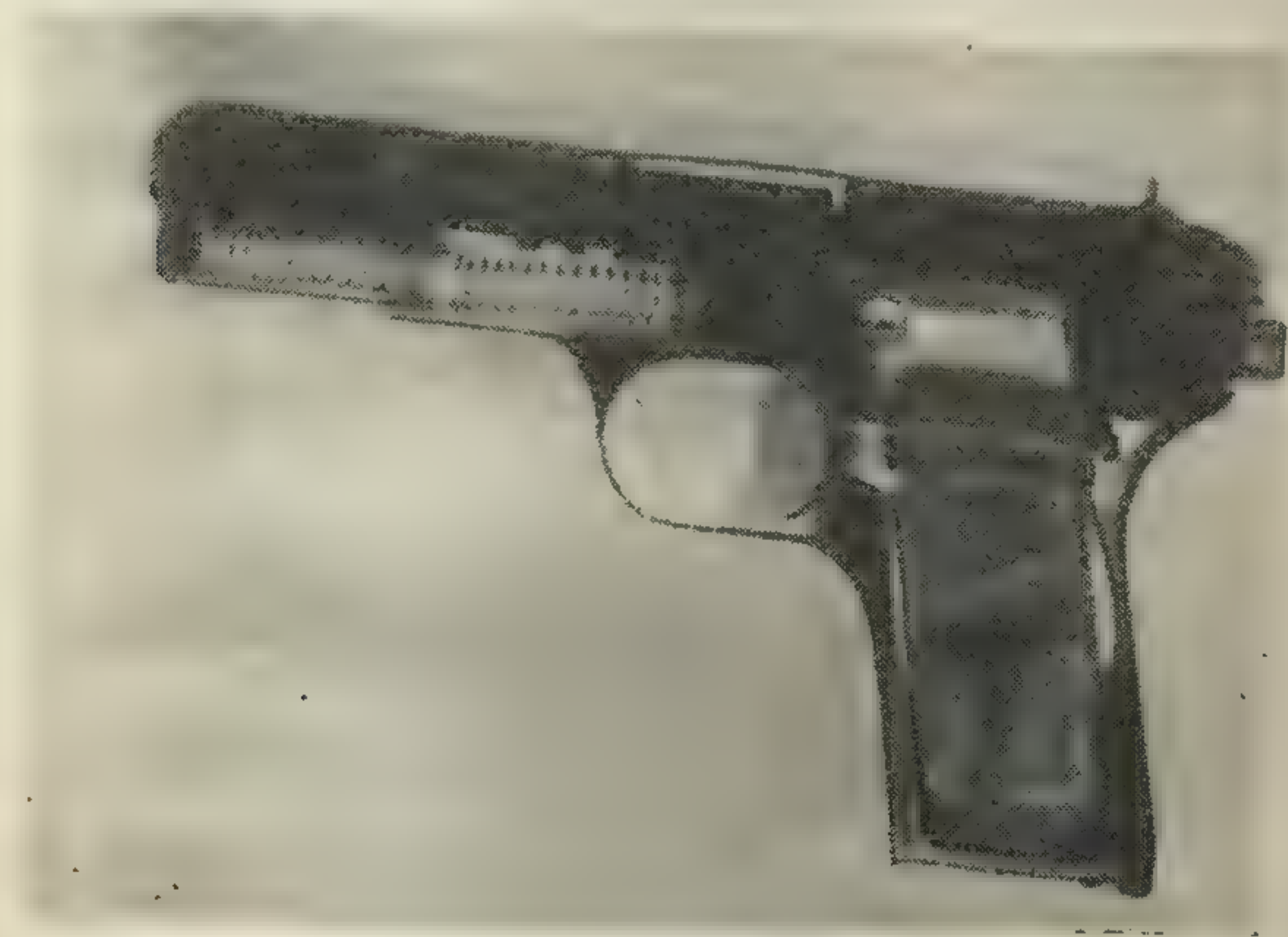


Рис. XX—5. Гаммаграмма пистолета

- 3) просвечивание замков и запоров с целью установления состояния механизма замка и имеющих в нем повреждений;
- 4) просвечивание объектов неизвестного происхождения большой плотности, не поддающихся просвечиванию рентгеновскими лучами.

§ 3. Применение бета-лучей при криминалистических исследованиях

Большинство искусственно радиоактивных элементов при радиоактивном распаде испускает из ядра бета-частицы (электроны или позитроны), обладающие энергией

от нескольких десятков тысяч до нескольких миллионов электроновольт. При этом у ряда элементов, как, например, у S^{35} , C^{14} , P^{32} и Sr^{89} и некоторых других, бета-распад не сопровождается гамма-излучением.

Ядерное бета-излучение имеет непрерывный спектр энергии, т. е. один и тот же изотоп испускает бета-частицы различной энергии. Характерной является только максимальная величина энергии частицы, являющаяся строго определенной для каждого конкретного изотопа.

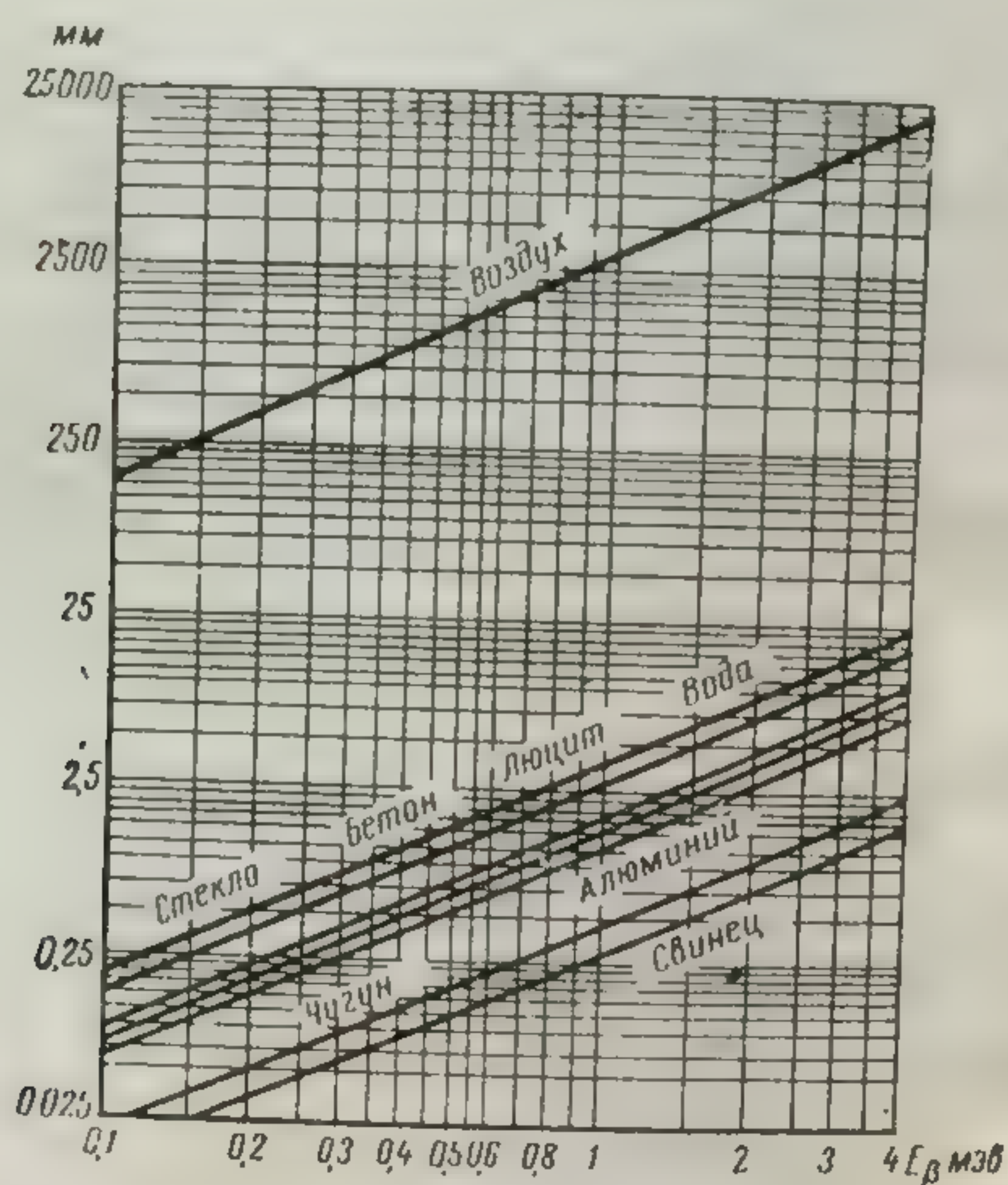


Рис. XX—6. Зависимость проникающей способности бета-частиц от энергии

Такой энергией, однако, обладает только относительно небольшое количество частиц, остальные же имеют меньшую энергию; приблизительно можно принять, что средняя энергия частиц составляет $1/3$ максимальной.

Проникающая способность бета-лучей в противоположность гамма-лучам мало зависит от атомного номера вещества. Так, для лучей с максимальной энергией 1,5 МэВ при переходе от алюминия (атомный номер 13) к свинцу (атомный номер 82) толщина слоя полного поглощения изменяется от 680 до 833 мг/см², т. е. гораздо меньше, чем в 2 раза.

Средняя длина R пробега бета-частиц с максимальной энергией E_{\max} в веществе с плотностью α составляет

$$R = \frac{0,543E_{\max} - 0,16}{\alpha} \text{ см,}$$

где E_{\max} выражено в миллионах электроновольт (МЭВ).

На рис. XX—6 графически представлена зависимость проникающей способности бета-лучей от энергии частиц.

При прохождении через вещество бета-частицы легко рассеиваются встречными атомами и путь их, в отличие от пути гамма-лучей, не является строго прямолинейным.

При торможении бета-частиц в веществе возникают рентгеновские лучи. Это приобретает практическое значение в тех случаях, когда энергия частиц велика — 1 МЭВ и более — и торможение происходит в веществе со значительным атомным номером. Поэтому следует избегать хранить изотопы, дающие бета-излучение, в сосудах, стенки которых изготовлены из свинца или иного элемента с высоким атомным номером. Наиболее подходящими для этой цели являются контейнеры из пластмассы, плексигласа, алюминия и стекла. Приведенный на рис. XX—6 график показывает, какой толщины должны быть стенки сосудов, изготовленных из различных материалов, чтобы они полностью поглотили бета-частицы данной энергии.

К бета-активным изотопам, применяемым в криминалистике, предъявляются следующие требования:

- а) отсутствие гамма-излучения,
- б) достаточно большой период полураспада.

Нежелательным является использование изотопов, испускающих при распаде позитроны, так как в результате взаимодействия позитронов с электронами вещества возникает гамма-излучение, вуалирующее снимок.

В таблице приведены данные, характеризующие бета-активные изотопы, наиболее удобные для целей криминалистического исследования вещественных доказательств.

Бета-лучи нашли применение в криминалистике как для бесконтактных измерений толщины различных объектов, так и для целей получения бетарадиограмм объектов, обладающих незначительной толщиной (бетарадиография).

Наименование изотопа	Атом- ная масса	Период полу- распада	Макси- мальная энергия частиц МэВ	Максимальная длина пробега		
				в воз- духе в см	в воде в мм	в алю- минии в мм
Никель	63	85 лет	0,067	4,7	0,07	0,025
Углерод	14	5568 лет	0,155	16	0,47	0,096
Сера	35	87 дней	0,169	24	0,335	0,12
Прометий . . .	147	2,6 года	0,22	36	0,5	0,178
Кальций	45	152 дня	0,254	44	0,62	0,222
Стронций . . .	90	19,9 дня	0,61	160	2,15	0,78
Таллий	204	3,5 года	0,765	216	3,8	1,37
Стронций . . .	89	53 дня	1,464	480	6,7	2,4
Фосфор	32	14,3 дня	1,701	586	8,1	2,9

§ 4. Измерение толщины объектов с помощью бета-лучей

Измерение толщины объектов при помощи бета-лучей основывается на зависимости поглощения этих лучей от толщины объекта, выраженной в мг/см². Так как поглощение бета-лучей в веществе, в основном, определяется количеством вещества, приходящимся на 1 см² поверхности объекта, то при измерениях с помощью радиоактивных изотопов удобнее выражать толщину не в миллиметрах, а в количестве вещества, приходящегося на 1 см² поверхности, т. е. в мг/см². Для перехода от мм к мг/см² можно воспользоваться следующей формулой:

$$P = 100d \cdot h \text{ мг/см}^2,$$

где P — количество вещества, приходящегося на 1 см² в мг

d — удельный вес вещества

h — толщина слоя в мм.

Преимуществом толщиномеров, основанных на использовании бета-излучения, является то, что измерения могут быть проведены с большой точностью без контакта измерительного устройства с промеряемым объектом. Особенное значение это имеет в случае измерения толщины таких объектов, как бумага с поврежденным поверхностным слоем, кожа, текстильные ткани, резина

и другие, толщина которых может измениться при нажатии на них губками микрометра.

То, что измеренная толщина объекта выражается в мг/см^2 , имеет большое значение при сравнительном исследовании объектов с целью установления группового тождества, так как эта величина является дополнительным идентификационным признаком.

Схема производства подобных измерений показана на рис. XX—7. Измеряемый объект укладывается на столик, изготовленный из плексигласа или пластмассы и



Рис. XX—7. Схема измерения толщины в бета-лучах

имеющий отверстие, диаметр которого в зависимости от задач исследования может изменяться от 1 мм до 1 см. Над столиком, на высоте 1—3 см, укреплен счетная трубка (газовый счетчик) установки типа «Б» или «Б-2». Тип трубки зависит от проникающей способности применяемого бета-излучения. В случае изотопов, дающих мягкое бета-излучение (кальций, сера, углерод), применяются торцовые трубки типа МСТ-17, СБТ-7 или СБТ-9 с тонким слюдяным окном. Для более жесткого излучения могут быть использованы трубки с алюминиевыми стенками типа АС-1 и АС-2 и со стенками из нержавеющей стали типа СТС-5.

Счетная трубка при помощи коаксиального кабеля соединяется с блоком БГС установки «Б». (Работа с установкой «Б» описана в соответствующих руководствах).

Ниже отверстия в столике устанавливается пластмассовый держатель с источником бета-лучей. Для работы с достаточно высокой точностью в значительном интервале толщин необходимо наличие не менее трех

изотопов с энергией частиц 0,15—1,5 МЭВ. Для малых плотностей могут быть использованы C^{14} , Pm^{147} или Ca^{45} для средних Tl^{204} или Sr^{90} и для более значительных Sr^{89} .

Максимальная точность измерений имеет место в тех случаях, когда толщина измеряемого материала составляет от половины до двойного слоя половинного ослабления примененного изотопа. Слоем половинного ослабления называется такой слой данного вещества, после прохождения через который интенсивность лучей ослабляется вдвое.

Бета-толщиномер позволяет проводить измерения толщин следующих материалов:

Алюминия и стекла . . .	до 2 мм	толщины
Картона	» 5	»
Фанеры	» 6	»
Пластмассы	» 4	»
Текстильных изделий . . .	» 0,5 г/см ²	

Могут также измеряться толщины таких листовых материалов, как резина, кожа, медная или латунная фольга, тонкая стальная лента и пр.

Вместо установки «Б» в качестве приемника излучения может быть использована ионизационная камера с электрометром или усилительным устройством.

Применение ионизационной камеры упрощает технику производства измерений и повышает стабильность работы прибора, однако требует увеличения количества радиоактивного изотопа до 5—10 милликюри, в то время, как при использовании газового счетчика и установки «Б» достаточно всего 0,1—0,2 милликюри. Это является существенным, так как работа с бета-излучателями малой активности (до 0,1 милликюри) не требует применения особых мер защиты и может проводиться в обычных лабораторных условиях.

Бета-толщиномер, в частности, нашел применение при установлении групповой принадлежности бумаги, а также для выявления следов подчистки и вытирания в документах. В этом случае применяется мягкое бета-излучение S^{35} , C^{14} , Pm^{147} , Ca^{45} . Изменения толщины порядка 0,01 мм вследствие вытирания или выскобливания уже могут быть установлены по изменению количества импульсов, отсчитываемых счетчиком в 1 ми-

нугу. Имеющиеся на документе чернильные штрихи не мешают проведению исследования. Все исследование, вместе с контрольными промерами в местах документа, заведомо не подвергавшихся подчистке или вытиранию, занимает несколько минут. Хорошие результаты получаются при толщине бумаги менее 0,3 мм.

§ 5. Бетарадиография

Под бетаграфией или бетарадиографией понимают получение радиограмм и микрорадиограмм объектов малой плотности (ткани, документы и т. п.) при помощи бета-излучения радиоактивных изотопов. Так как поглощение бета-лучей веществом мало зависит от его атомного номера, то характер изображения на бетарадиограмме, в основном, обусловлен вариациями в плотности исследуемого слоя. Этим бетарадиограмма отличается от рентгенограммы, снятой в мягких рентгеновских лучах, на которой характер изображения зависит от распределения веществ с различными атомными номерами. Таким образом, бетарадиографию следует рассматривать не как средство для замены рентгенографии в мягких рентгеновских лучах, а как метод, имеющий свое самостоятельное значение.

Известны два основных метода бетарадиографии:

1. Дистанционный, при котором источник бета-излучения небольших размеров располагается на расстоянии 5—10 см от просвечиваемого объекта.

2. Контактный. При этом методе исследуемый объект зажимается между пластинкой, на которую нанесен равномерным слоем радиоактивный изотоп, и фото-пленкой.

а) Дистанционный метод. При работе по этому методу в качестве источника излучения применяются изотопы с высокой удельной активностью.

В случае изотопов с максимальной энергией частиц более 0,5 мегаэлектронвольт радиоактивный изотоп помещается в нижней части стеклянной трубки с внутренним диаметром 1—3 мм, дно которой заклеено целлофаном. Трубка с источником излучения располагается в верхней части светонепроницаемой коробки, на дно которой укладывается пластинка или пленка с располо-

женным на ней объектом, как показано на рис. XX—8. Передвигая стеклянную трубку с изотопом, можно изме-

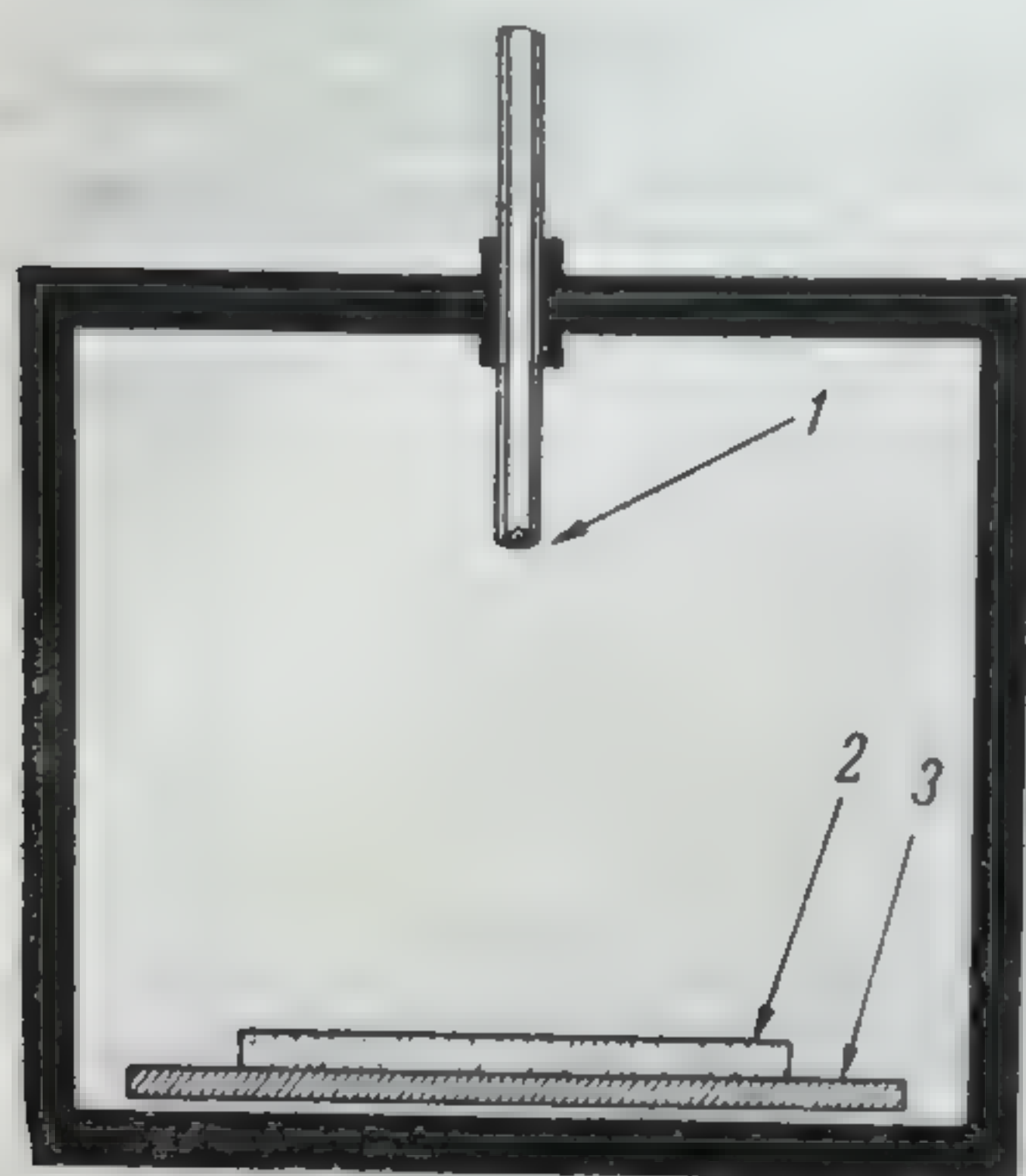


Рис. XX—8. Установка для получения бета-радиограммы по дистанционному периоду:

1 — радиоактивный изотоп, 2 — объект, 3 — фото-пленка

нять расстояние от излучателя до исследуемого объекта. При изотопах, дающих мало проникающее бета-излучение, чтобы избежать значительного поглощения в воздухе, коробка должна закрываться герметически, и из нее выкачивается воздух до давления в несколько мм ртутного столба. Радиоактивный изотоп в этом случае (чтобы избежать поглощения в целлофане) наносится на кончик тонкой стеклянной палочки, смазанной цапон-лаком.

Выбор того или иного изотопа для просвечивания зависит от толщины просвечиваемого объекта, выраженной в мг/см^2 .

Для объектов с плотностью до 5 мг/см^2	...	никель — 63
» » » » 20 »	...	углерод — 14, сера — 35
» » » » 40—50 »	...	кальций — 45, прометий — 147
» » » » до 200 »	...	стронций — 90, таллий — 204
» » » » до 600 »	...	стронций — 89, фосфор — 32

При количестве радиоактивного изотопа порядка 1 милликюри экспозиция, в зависимости от проникающей способности излучения и плотности снимаемого объекта, составляет от 1/2 часа до нескольких часов.

Дистанционный метод бетарадиографии является удобным в следующих случаях:

- при просвечивании объектов неравномерной толщины;
- при просвечивании объектов толщиной в несколько мм жестким бета-излучением;

в) в тех случаях, когда изотоп имеется в виде нерастворимой соли.

Во всех остальных случаях более удобным является метод контактной радиографии.

б) Контактный метод. При этом способе радиоактивный изотоп вместе со связывающим веществом наносится в виде тонкого слоя (толщина порядка 0,01 мм) на стеклянную или иную пластинку, образуя так называемый контактный радиограф. В качестве связующего вещества применяется желатина. Изготовление контактного радиографа производится следующим образом.

Предварительно заготавливается 5%-ный расплав желатины, исходя из расчета 5 мл на каждые 100 см² площади поливаемой пластинки. К половине всего количества расплава (при температуре около 50°) добавляется радиоактивный изотоп в виде растворимой соли в количестве 0,5—1 милликюри на 100 см² площади пластинки. К другой половине расплава добавляется такое соединение (нерадиоактивное), которое, взаимодействуя с радиоактивной солью, переводило бы радиоактивный изотоп в нерастворимый осадок. Так, например, в случае изготовления контактного радиографа с изотопом кальция к первой половине желатинового расплава добавлялся раствор радиоактивного хлористого кальция, а ко второй — щавелевая кислота (нужное количество кислоты может быть определено расчетным путем, причем берется небольшой избыток кислоты). При сливании обеих половин получается нерастворимое соединение — щавелевокислый кальций, находящийся во взвешенном состоянии в желатине.

Полученная эмульсия поливается на установленные горизонтально чистые стеклянные пластинки. После застуденения желатины пластинку осторожно промывают в течение 5—10 мин. в проточной воде для устранения растворимых солей и сушат. После высыхания эмульсионный слой покрывают для прочности очень тонким слоем цапон-лака.

Для изготовления контактного радиографа нет необходимости брать радиоактивные вещества с высокой удельной активностью.

Работа по изготовлению контактного радиографа должна проводиться в вытяжном шкафу с соблюдением правил работы с радиоактивными изотопами. Принятие

этих мер предосторожности необходимо потому, что хотя и приходится иметь дело с небольшими активностями порядка 1 милликюри, однако следует учитывать возможность попадания радиоактивных веществ на кожу или внутрь организма.

Изготовленный радиограф можно сохранить в деревянной или пластмассовой коробке с толщиной стенок 2—3 мм, если энергия бета-частиц не более 0,5 МэВ и 6—8 мм, если энергия бета-частиц составляет 1—1,7 МэВ. Такая толщина стенок обеспечивает поглощение



Рис. XX—9. Кассета для бетарадиографии:
1 — пластинка-радиограф, 2 — исследуемый объект,
3 — пленка, 4 — пластмасса или дерево, 5 — микропористая резина

всего излучения, даваемого радиографом. В процессе работы следует избегать непосредственного контакта кожи тела (пальцев) с активным слоем. В этом, в основном, и заключаются правила предосторожности при работе с контактным радиографом.

Для получения бетарадиограммы исследуемый объект (документ, кусок ткани и т. п.) зажимается между активным слоем пластинки радиографа и фотопленкой. Особое внимание следует обратить на плотный контакт между снимаемым объектом и пленкой. Наличие зазора в 0,01 мм между объектом и пленкой в 5—10 раз ухудшает разрешающую способность радиограммы. На рис. XX—9 представлена применяемая для этой цели кассета.

Из фотоматериалов наилучшие результаты при контактной радиографии были получены с фототехнической особо контрастной пленкой (ФТ-31) и с позитивной пленкой «МЗ». Электронографические пластинки, дававшие хорошие результаты при дистанционном методе, при контактном дают худшие результаты, что объясняется труд-

ностью обеспечения достаточно надежного и плотного контакта между снимаемым объектом и фотопластинкой, гибкая фотопленка дает в этих случаях лучшие результаты.

Для наглядной демонстрации результатов исследования в бета-лучах удобным является метод цветовой трансформации, ранее предложенный Брумбергом для исследования объектов в ультрафиолетовых лучах. Сущность этого метода заключается в том, что на бетарадиограмму исследуемого объекта накладывается фотоснимок того же объекта, изготовленный обычным способом в видимых лучах. При этом оба снимка окрашиваются в различные, максимально контрастные цвета.

Цветные бетарадиограммы изготавливают следующим образом.

В одинаковом масштабе изготавливаются бетарадиограмма и фотоснимок исследуемого объекта, причем первая печатается на бумаге, а другой (зеркально) на позитивной фотопленке. Оба снимка окрашиваются в разные цвета способом протравного вирирования, описанным в гл. VIII.

Оба отпечатка после окраски складываются вместе и склеиваются 1%-ным расплавом желатина.

в) Применение бетарадиографии при исследовании вещественных доказательств. Этот метод только недавно начал применяться при исследовании вещественных доказательств. Имеющиеся данные говорят о том, что бетарадиография может быть с успехом использована в следующих случаях исследования вещественных доказательств:

1. Обнаружение подчищенных и выскобленных мест в документах. Эти места видны на бетарадиограммах благодаря утоньшению слоя бумаги, вызванному подчисткой или выскабливанием. Хорошие результаты дает метод цветовой трансформации с наложением бетарадиограммы на снимок в видимых лучах. В качестве примера можно привести следующий случай: на исследование был прислан ряд документов, относительно которых требовалось установить, не была ли на них дата «1953 год» (рис. XX—10а) переправлена из какой-либо иной. При визуальном исследовании нельзя было дать положительный ответ на поставленный вопрос. С тех мест, где находились даты на документах, были изготовлены бета-

радиограммы. Предварительно, чтобы в дальнейшем облегчить совмещение снимков, на документе были острой иглой сделаны два микроскопических прокола в местах, удаленных от спорной даты (при наличии на документе каких-либо характерных особенностей, облегчающих совмещение снимков, производства проколов не требуется).

Кроме бетарадиограммы, был в том же масштабе изготовлен и обычный фотоснимок даты. Затем были отпечатаны позитив фотоснимка на бумаге и дубликат бетарадиограммы на позитивной фотопленке (зеркально), окрашены в разные цвета (бетарадиограмма — в красный) и совмещены друг с другом, поль-

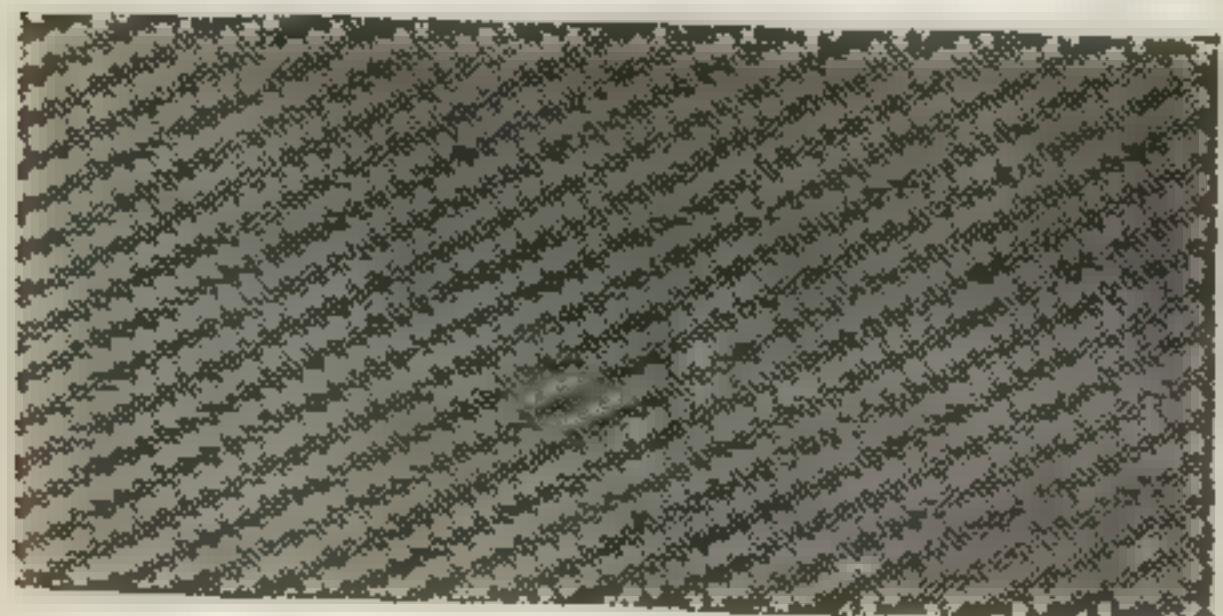
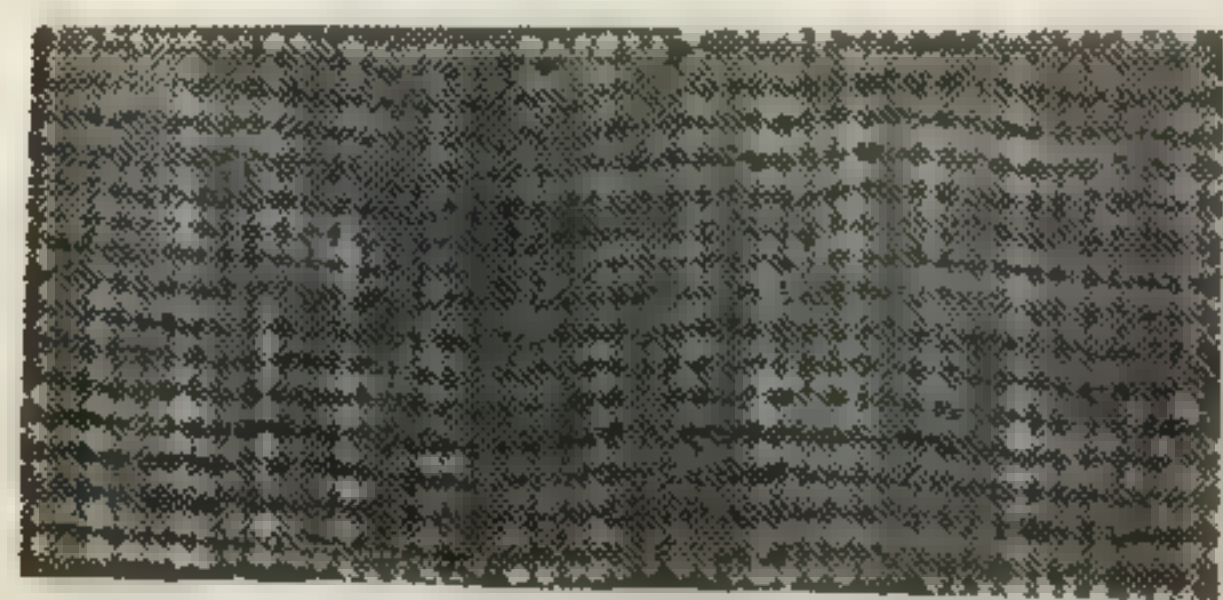


Рис. XX—11. Бетарадиограммы текстильных тканей



Рис. XX—12. Водяные знаки на 25-рублевых билетах

зуюсь имеющимися проколами. На полученных цветных отпечатках (рис. XX—106) не только хорошо видны места, в которых проводилось вытирание, но по форме выскобленного места и его расположению можно было сказать, что первоначально в этом месте была написана цифра «2» и первоначальная дата была «1952 г.».

2. Получение снимков структуры бумаги, текстильных тканей, а также водяных знаков на документах. Особенно удобна бетарадиография в тех случаях, когда наличие мешающих контрастов (пестрая окраска ткани, текст на документе и т. п.) не позволяет провести подобное исследование иным способом. На рис. XX—11 при-

ведены бетарадиограммы различных текстильных тканей, а на рис. XX—12 — водяных знаков на билете государственного банка 25-рублевого достоинства, которые очень плохо видны при визуальном исследовании.

3. Выявление мелких частиц стекла, застрявших в ткани или коже при выстрелах через стекло (доказательство того, что выстрел был произведен через стекло).

4. Изучение характера краев обрыва при исследовании текстильных тканей с целью установления причин повреждения (разрез, разрыв и т. п.).

5. Выявление следов силикатного клея при повторной заклейке конвертов, переклейке марок и т. п.

6. Дифференциация некоторых материалов письма, в частности сортов туши, и отличие туши от чернил по степени поглощения ими бета-лучей (так, некоторые сорта туши, содержащие значительное количество загустителя и клеящего вещества, сильно поглощают бета-лучи в отличие от анилиновых чернил, как правило, прозрачных для бета-лучей).

ЛИТЕРАТУРА

А. Н. Несмеянов, А. В. Лапицкий и Н. П. Руденко, Получение радиоактивных изотопов, Госхимиздат, 1954.

Г. Сиборг, И. Перлман, Дж. Холлендер, Таблица изотопов, М., 1956.

Г. Н. Гусев, Справочник по радиоактивным излучениям и защите, Медгиз, 1956.

С. В. Румянцев и Ю. А. Григорович, Контроль качества металлов гамма-лучами, Metallurgizdat, 1954.

Л. К. Таточенко и С. В. Медведев, Промышленная гаммадефектоскопия, Metallurgizdat, 1955.

С. Д. Кустанович, Судебная баллистика, М., 1956.

Сборник «Гаммадефектоскопия металлов», М., 1955.

Е. В. Борисов, Техника безопасности при работе с радиоактивными изотопами, Профиздат, 1956.

Б. Р. Киричинский, Рефераты докладов 2-ой расширенной конференции Киевского общества судебных медиков и криминалистов, Киев, 1956.

Б. Р. Киричинский и В. К. Лисиченко, Рефераты докладов 3-й расширенной конференции Одесского общества судебных медиков и криминалистов, Одесса, 1956.

Б. Р. Киричинский и В. К. Лисиченко, Рефераты докладов 2-ой расширенной конференции Киевского общества судебных медиков и криминалистов, Киев, 1956.

Б. Р. Киричинский и В. К. Лисиченко, Рефераты докладов объединенной конференции Киевского и Харьковского НИИСЭ, Киев, 1956.

С. Д. Кустанович, «Советская криминалистика на службе следствия», вып. 7, 1956.

Под ред. Кузина, Метод меченых атомов в биологии, М., 1935.

В. И. Спицын и др., Методы работы с применением радиоактивных индикаторов, М., 1955.

К. Э. Кромптон, «Применение радиоактивных изотопов в промышленности, медицине и сельском хозяйстве».

«Доклады на Женевской конференции», М., 1956.

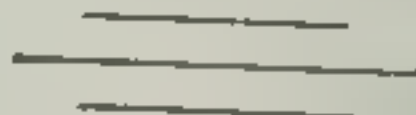
Дж. Л. Путмен, Там же.

Е. М. Брумберг, Доклады Академии наук СССР, 1939, вып. 25, стр. 473.

В. К. Лисиченко и Б. Р. Киричинский, «Криминалистика и судебная экспертиза», Киев, 1957, стр. 133—149.

Б. Е. Гордон и В. К. Лисиченко, «Атомная энергия», 1959, вып. 7, № 4.

«Санитарные правила работы с радиоактивными веществами и источниками ионизирующих излучений», Госатомиздат, 1960.



опис
Чтоб
мето
прив
вида
след
ков,
полн
можн
мето
иссле
могут
стоя
нелз
докум
П
кажд
случа
В
пертом
редь п
следуе
измени

§
а) При
графичес
наков.

ПРИЛОЖЕНИЕ

ПРИМЕНЕНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ И ФОТОГРАФИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ ДОКУМЕНТОВ

При технической экспертизе документов широко применяются описанные физические и фотографические методы исследования. Чтобы начинающий эксперт мог ориентироваться в том, какие методы следует применять в тех или иных конкретных случаях, приведем примерную сводку методов, применяемых при различных видах исследования документов. В сводке указано, какие методы следует применять для выявления тех или иных признаков.

Само собою разумеется, что прилагаемый перечень как признаков, так и методов является ориентировочным и не может охватить полностью ни всех видов исследования документов, ни всех возможностей применения при этом физических и фотографических методов. Кроме того, следует иметь в виду, что для всестороннего исследования документов, кроме физических и фотографических, могут применяться химические и другие методы, не описанные в настоящей книге. Поэтому предлагаемые таблицы ни в коем случае нельзя рассматривать как руководство по технической экспертизе документов.

Применяя тот или иной метод, необходимо учитывать, что каждый из них дает хорошие результаты только в определенных случаях.

Выбор методов и порядок их применения устанавливается экспертом в каждом конкретном случае. Необходимо в первую очередь применять те методы, которые не причиняют повреждений исследуемому документу и в последнюю очередь — методы, могущие изменить его состояние.

§ 1. Сравнительное исследование материалов письма

а) Бумага

При сравнительном исследовании бумаги физические и фотографические методы применяются при изучении следующих признаков:

Изучаемый признак	Метод исследования	Глава руководства, где этот метод описан
Линейные размеры (длина, ширина)	Измерения с помощью линейки, штангенциркуля и т. п.	2
Толщина (как абсолютная величина, так и колебания толщины в пределах одного образца)	Измерения с помощью обыкновенного или рычажного микрометра Измерения на радиоактивном микрометре	2
Цвет	Наблюдение со светофильтрами Спектрофотометрические и колориметрические измерения	6,7
Структура (просвет)	Контактная печать на фотобумаге или пленке. Бетарадиография	20
	Фотоэлектронография (1 способ)	19
Водяные знаки	Тоже	20,19
Характер и особенности обреза (отрыва)	Микроскопическое исследование	12
	Бетарадиография	20
Вес	Взвешивание на аналитических или точных коромысловых весах	2
Прозрачность	Фотометрические измерения в видимых лучах	4

Продолжение

Изучаемый признак	Метод исследования	Глава руководства, где этот метод описан
Состав бумаги по волокну	Тоже в инфракрасных лучах.	16
	Микроскопическое исследование обработанных и необработанных реактивами препаратов	12
	Микроскопия в поляризованном свете	13
Характер размола бумажной массы	Микроскопическое исследование	12
Наличие, размеры частиц, количество и характер распределения наполнителей	Микрорентгенография при низких напряжениях (4—5 кв)	19
Следы от машинной сетки	Наблюдение в косонаправленном свете	5
Линовка (графление)	Микроскопическое исследование особенностей линовки. Люминесцентный анализ. Изучение инфракрасной люминесценции	12 18
	Измерение ширины линий интерлиньяжа с помощью измерительной лупы и окулярмикрометра	2

Продолжение

Изучаемый признак	Метод исследования	Глава руководства, где этот метод описан
Люминесценция	Изучение люминесценции при возбуждении ультрафиолетовыми лучами и синим светом как самих образцов, так и их срезов Люминесцентная микроскопия для выявления загрязнений	18
	Наблюдение фосфоресценции Фотометрические измерения интенсивности видимой и инфракрасной люминесценции	18

6) Штрихи (чернил, карандаша и др.)

При сравнительном исследовании материала штрихов могут быть использованы следующие методы:

Изучаемый признак	Метод исследования	Глава руководства, где этот метод описан
Цвет штриха	Наблюдение через светофильтры	7
	Наблюдение с помощью спектральных осветителей	7
	Цветodelительная фотография	8
	Наблюдение в лучах крайней красной и ближней инфракрасной частей спектра	16
	Спектрофотометрические измерения	6
Ширина штриха	Измерения с помощью измерительной лупы и окулярмикрометра	2

Продолжение

Изучаемый признак	Метод исследования	Глава руководства, где этот метод описан
Микроструктура штриха (распределение красящего вещества в штрихах и относительно волокон бумаги; наличие, количество и характер микроскопических загрязнений в чернильных штрихах, а также примесь иного красителя)	Микроскопические исследования в проходящем и отраженном свете при различных увеличениях	12
	Исследование в поляризованном свете	13
	Микрофотографирование в лучах видимой и ближней инфракрасной части спектра	16
Копировальная способность	Влажное копирование на папиросной или желатинированной бумаге Применение при копировании, кроме воды иных растворителей Сухое копирование (при нагревании)	14
Отражение и поглощение веществом штриха ультрафиолетовых и инфракрасных лучей	Наблюдение штрихов с помощью преобразователей в ультрафиолетовой и инфракрасной частях спектра	16,17
	Фотографирование в инфракрасной и ультрафиолетовой частях спектра	16,17
	Фотометрические и спектрофотометрические измерения в ультрафиолетовых и инфракрасных лучах	16,17

Изучаемый признак	Метод исследования	Глава руководства, где этот метод описан
Люминесценция штрихов	<p>Визуальное наблюдение люминесценции при возбуждении ультрафиолетовыми лучами и синим светом как самих штрихов, так и полученных с этих штрихов оттисков</p> <p>Изучение изменения люминесценции штрихов и их оттисков под действием кислот и щелочей.</p> <p>Наблюдение и фотографирование красной и инфракрасной люминесценции</p> <p>Определение спектрального состава излучения люминесценции</p>	18
Наличие в веществе штрихов элементов с большим атомным номером (более 26)	<p>Микрорентгенография</p> <p>Фотоэлектронография (2 способа)</p>	19
Наличие в штрихах значительного количества красящего и связующего вещества (например в туши)	<p>Бетарадиография</p> <p>Микрорентгенография</p> <p>Фотоэлектронография (1 способ)</p>	20 19
Сенсибилизирующее, десенсибилизирующее и визуализирующее действие красителя штриха	Диффузионно-сенсибилизационный метод	14

§ 2. Прочтение невидимых штрихов

а) Обнаружение следов травления и выявление вытравленных текстов

1. Изучение документа в косонаправленном свете при различных углах падения лучей для выявления потери блеска в местах, подвергавшихся травлению (гл. 5).

2. Рассматривание со светофильтрами для выявления пятен, образовавшихся в результате травления, обнаружения повреждений защитной сетки и линовки, а также установления изменения цвета штрихов (гл. 7).

3. Наблюдение с помощью преобразователя и фотографирование в различных участках ультрафиолетовой части спектра (длинно- и коротковолновом ультрафиолете) (гл. 17).

4. Наблюдение люминесценции документа в ультрафиолетовых лучах и при освещении синим светом (гл. 18).

Примечание. В случае если фотографирование в ультрафиолетовых лучах и люминесцентный анализ не дают удовлетворительных результатов, нередко оказывается полезным предварительное окуривание исследуемого документа парами соляной кислоты или аммиака.

5. Фотографирование красной, инфракрасной и ультрафиолетовой люминесценции (гл. 18).

6. Цветodelительная фотография в соединении с методами изменения контрастов (гл. 8).

7. Измерение сопротивления бумаги. Реактивы, применяемые для вытравливания текстов на документах, как правило, уменьшают электрическое сопротивление бумаги (гл. 1).

8. Применение флуоресцирующих индикаторов (гл. 19).

б) Обнаружение и прочтение текстов, написанных невидимыми чернилами

1. Исследование при небольшом увеличении в косонаправленном свете при различных углах падения лучей.

2. Наблюдение люминесценции в ультрафиолетовых лучах, в синем свете, а также инфракрасной и красной люминесценции (гл. 18).

3. Фотографирование в ультрафиолетовых лучах различных участков спектра (длинно- и коротковолновых) (гл. 17).

4. Фотографирование ультрафиолетовой люминесценции (гл. 18).

5. Получение рентгенограммы в мягких рентгеновских лучах и фотоэлектронограммы по второму способу (гл. 19), для обнаружения элементов со значительным атомным номером.

6. Фотографические методы усиления контрастов (фотографирование на контрастно работающих фотоматериалах с последующим усилением контрастов негатива) (гл. 6, 8).

7. Погружение документа в воду с последующим фотографированием в проходящем свете; при этом выступает отчетливо текст в том случае, если он был написан заостренной палочкой на смоченном листе бумаги.

8. Опыливание порошками.

9. Нагревание при помощи утюга.

10. Диффузионно-сенсibilизационный способ — приведение в контакт со светочувствительным слоем (гл. 14).

Кроме перечисленных физических методов, для обнаружения невидимых текстов применяются также химические методы.

в) Восстановление угасших текстов

Угасшими называются такие тексты, которые были написаны чернилами или карандашами, краситель которых обесцветился под действием естественных причин (свет, плохие условия хранения и др.).

1. Цветоделение. При помощи светофильтров можно значительно усилить контраст, образуемый обесцветившимися штрихами и бумагой. Если текст был написан синими или фиолетовыми анилиновыми чернилами, хорошие результаты могут быть получены при освещении документа желтым монохроматическим светом (натриевая лампа или газовая горелка, в пламя которой введены соли натрия) или при использовании интерференционного светофильтра с узкой полосой пропускания в области 580—590 мкм.

2. Фотографирование красной и инфракрасной люминесценции, в случае полностью обесцветившихся штрихов, если текст был написан анилиновыми (синие, зеленые, фиолетовые, красные) чернилами или карандашом, в состав пишущей массы которого входил анилиновый краситель (гл. 18).

§ 3. Исследование поврежденных документов

а) прочтение залитых и замазанных текстов

1. Исследование документа в проходящем свете.

2. Исследование документа в косонаправленном свете.

3. Если штрихи первоначального текста отличаются по цвету от закрывающего текст пятна или штрихов, то следует применить фотографическое цветоделение путем наблюдения и фотографирования со светофильтрами или с помощью спектрального осветителя и с последующим (если нужно) усилением контраста негатива (гл. 7, 8).

4. Если карандашный текст, текст, исполненный через копировальную бумагу, черной тушью или типографским способом, был залит анилиновыми чернилами — фотографирование в инфракрасных лучах (гл. 16).

5. Если замазанный текст был написан цветным карандашом, содержащим элемент с высоким атомным номером, — фотоэлектронография (2 способ) или рентгенография в мягких рентгеновских лучах (гл. 19).

6. Если текст написан и залит такими же анилиновыми чернилами, следует произвести фотоснимок инфракрасной люминесценции (гл. 18).

7. Если текст был написан фиолетовыми чернилами и затем теми же чернилами залит, можно применить способ флуоресцирующих индикаторов (гл. 18).

8. Если текст был написан копировальным карандашом, синими или фиолетовыми анилиновыми чернилами и замазан черным гра-

фитным карандашом, то применяется либо получение оттиска на смоченной желатинированной бумаге (гл. 14), либо диффузионно-сенсублизационный метод.

б) Сожженные и обуглившиеся документы

1. Исследование в косонаправленном свете для выявления рельефа, образовавшегося на сожженной бумаге в месте нахождения текста.

2. Зеркальное отражение света штрихами дает хорошие результаты в случае текстов, исполненных графитным или графитно-копировальным карандашом, тушью, через черную копировальную бумагу, а также типографского текста и текстов, исполненных на пишущей машине.

3. Фотографирование в инфракрасных лучах, если тексты исполнены карандашом или чернилами, непрозрачными для инфракрасных лучей (гл. 16).

4. Метод флуоресцирующих индикаторов (20 -30%-ный раствор веретенного масла в бензине) (гл. 18).

5. Испепеление. Метод иногда дает хорошие результаты в тех случаях, когда все остальные методы оказываются бесполезными. Недостатками метода являются его сложность и приведение документа в состояние, непригодное для дальнейшего исследования. При этом методе документ полностью или по частям, если размеры его велики, зажимается между двумя стеклянными пластинками и помещается в электрическую печь. Необходим постоянный контроль, так как при слишком длительном нахождении в печи появившийся текст снова исчезает и на этот раз уже окончательно.

в) Обнаружение и восстановление текстов, удаленных механическим путем (вытирание, выскабливание и т. п.)

1. Визуальное наблюдение и фотографирование в косонаправленном свете лицевой и оборотной сторон документа для выявления рельефа штрихов.

2. Люминесцентный анализ. Наблюдение люминесценции документа в ультрафиолетовых лучах и синем свете. Если вытертый текст, по предположению, был написан копировальным карандашом, необходимо предварительное увлажнение документа.

3. Наблюдение и фотографирование красной и инфракрасной люминесценции; нередко и в этом случае полезно предварительное увлажнение документа (гл. 18).

4. Для обнаружения следов выскабливания по утоньшению листа бумаги измерение толщины бумаги в различных местах при помощи радиоактивного микрометра (гл. XX).

5. Бетарадиография в соединении с методом цветовой трансформации (гл. гл. XX и IX).

6. Фотографическое цветоделение в соединении с методами усиления контрастов готового изображения для выявления остатков красящего вещества штрихов, внедрившегося глубоко в слой бумаги (гл. VIII).

§ 4. Установление хронологической последовательности нанесения пересекающихся штрихов

а) Пересечение чернильных штрихов

Признак	Метод исследования
Затеки позднейшего штриха по ранее проведенному	Микроскопическое исследование при небольших увеличениях Цветodelение (гл. 8) Микрорентгенография в тех случаях, когда в состав чернил входят элементы с высоким атомным номером (гл. 19)
Расплывы красителя ранее проведенного штриха по позже проведенному	Микроскопическое исследование Цветodelение (наблюдение и фотографирование со светофильтрами или при освещении спектральным осветителем) (гл. 7, 8)
Непрерывность краевого валика позднее проведенного штриха	Стереомикроскопическое исследование (гл. 12)
Характер повреждения бумаги острием пера и направление волокон бумаги	Стереомикроскопическое исследование в косонаправленном свете (гл. 12) Применение светофильтров для уменьшения мешающих цветовых контрастов (гл. 7)
Непрерывность вышележащего штриха при копировании	Копирование на смоченную желатинированную бумагу (гл. 14)

Продолжение

б) Пересечение карандашных штрихов

Признак	Метод исследования
Захват карандашом пишущей массы ранее проведенного штриха	Микроскопическое исследование в ряде случаев с применением светофильтров для лучшего выявления захваченных частиц (гл. 7) Микрорентгенография (гл. 19)
Следы перескакивания острия карандаша позднее проведенного штриха	Стереомикроскопическое исследование (гл. 12)
Непрерывность трасс позднее проведенного штриха	Микроскопическое исследование Микрофотография (гл. 12)
Непрерывность блеска позднее проведенного штриха	Микроскопическое исследование в косонаправленном свете Микрофотографирование с опак-иллюминатором в видимых и ультрафиолетовых лучах (гл. 17)
Непрерывность верхнего штриха на откопированном оттиске	Копирование на смоченную желатинированную бумагу
Направление волокон бумаги в месте пересечения штрихов	Стереомикроскопическое исследование (гл. 12)

в) Пересечение карандашного и чернильного штрихов

Признак	Метод исследования
Наличие перетяжки в позднее проведенном чернильном штрихе в месте пересечения	Микроскопическое исследование в ряде случаев с применением светофильтров для лучшего выявления перетяжки (гл. 7, 12).
Непрерывность трасс карандашного штриха	То же

Признак	Метод исследования
Захват пером частиц пишущей массы карандаша	Микроскопическое исследование с применением светофильтров Микрорентгенография (гл. 19)
Полировка пером частиц графита в карандашном штрихе	Микроскопическое исследование (гл. 12)
Следы перескакивания пера через бороздку ранее проведенного карандашного штриха	Стереомикроскопическое исследование (гл. 12)
Непрерывность блеска сверху лежащего карандашного штриха	Микрофотографирование с опак-иллюминатором в видимых или ультрафиолетовых лучах (гл. 17)
Непрерывность верхнего штриха на откопированном отпечатке	Копирование на увлажненную желатинированную бумагу (гл. 14)

г) Пересечение чернильного или карандашного штрихов со штрихами копировальной бумаги

Признак	Метод исследования
Наличие перетяжки в позднее проведенном чернильном штрихе	Микроскопическое исследование с применением светофильтров (гл. 7, 12)
Захват пером или карандашом частиц копировальной бумаги	Микроскопическое исследование с применением светофильтров (гл. 7, 12)
Непрерывность блеска карандашного штриха (сверху лежащего)	Микрофотографирование с опак-иллюминатором в видимой или ультрафиолетовой части спектра (гл. 12, 17)

Продолжение

д) Пересечение штрихов с оттисками штампов и печатей

Признак	Метод исследования
Затеки чернил штриха по ранее поставленному оттиску	Микроскопическое исследование с применением светофильтров (гл. 7, 12)
Диффузия красителя ранее проведенного чернильного штриха в краситель позже поставленного оттиска	То же
Растворение частиц красителя ранее проведенного карандашного штриха в растворе красителя, которым поставлен оттиск штампа или печати	То же
Непрерывность блеска карандашного штриха (лежащего сверху)	Микрофотографирование с опак-иллюминатором в видимых или ультрафиолетовых лучах
Наличие перетяжки в позднее проведенном чернильном штрихе, если оттиск поставлен типографской или иной краской, содержащей жирные вещества	Микроскопическое исследование (гл. 12)
Наличие или отсутствие блеска чернильного штриха в месте пересечения его с оттиском штампа или печати	Микроскопическое исследование в косонаправленном свете

§ 5. Иные виды технического исследования документов

а) Выявление слабо видимых и плохо читаемых текстов

Для улучшения читаемости слабо видимых текстов могут быть использованы следующие методы:

1. Применение для целей визуального наблюдения, а также фотографирования светофильтров и специальных осветителей, дающих цветное освещение (гл. 7).

2. Фотографирование на контрастно работающих фотоматериалах с последующим усилением контрастов негатива (гл. 5).

3. Контактно-диффузионный способ (гл. 14).

4. Если слабо читаемый текст исполнен анилиновыми чернилами — фотографирование красной и инфракрасной люминесценции (гл. 18).

5. Если прочтению текста мешает структура поверхности бумаги документа — бестеневое освещение (гл. 5).

6. В тех случаях, когда нужно прочесть текст по имеющемуся рельефу вдавленных следов штриха — двухстороннее косонаправленное освещение (гл. 5).

б) Установление различия карандашных штрихов и штрихов копировальной бумаги

1. Микроскопическое изучение структуры штрихов при небольших и средних увеличениях для установления распределения пишущей массы в штрихе и относительно волокон бумаги.

2. Если штрихи проведены графитным карандашом — микроскопическое исследование с применением опакиллюминатора в поляризационном микроскопе (гл. 13), а также микрофотографирование в отраженных ультрафиолетовых лучах (гл. 17).

3. Измерение электропроводности, основанное на том, что при одинаковых параметрах штриха (длина, ширина, интенсивность) электрическое сопротивление штриха, проведенного графитным карандашом, значительно меньше, чем у штриха, исполненного через копировальную бумагу (гл. 2).

в) Выявление в подписи следов подготовки к искусственному выполнению

1. Микроскопическое исследование штрихов при небольших увеличениях, порядка 10^X — 20^X .

2. Визуальное наблюдение в лучах крайней красной части спектра с помощью яркого источника света и светофильтра (гл. 16).

3. Визуальное наблюдение с помощью преобразователей и фотографирование в инфракрасных лучах (гл. 16).

4. Если подпись исполнена анилиновыми чернилами, наблюдение и фотографирование красной и инфракрасной люминесценции (гл. 18).

От ре

§ 1. Хим
§ 2. Сле
§ 3. Фор
§ 4. Кле
§ 5. Исто
§ 6. Эле

§ 1. Общ
§ 2. Изме
§ 3. Взве
§ 4. Изме

§ 1. Общ
§ 2. Есте
§ 3. Ламп
§ 4. Дуго
§ 5. Газос
§ 6. Импул

ОГЛАВЛЕНИЕ

	<i>Стр.</i>
От редакторов	3

Часть первая

ЛАБОРАТОРНАЯ ТЕХНИКА

Глава I

Лабораторные работы

§ 1. Химическая техника	7
§ 2. Слесарные работы	17
§ 3. Формование и получение слепков	21
§ 4. Клеи, замазки и цементы	24
§ 5. Источники электроэнергии	25
§ 6. Электроизмерительные приборы	31

Глава II

Техника измерений

§ 1. Общие сведения	37
§ 2. Измерение линейных размеров	45
§ 3. Взвешивание	51
§ 4. Измерение удельного веса	53

Глава III

Источники света и их свойства

§ 1. Общие сведения	58
§ 2. Естественное солнечное освещение	60
§ 3. Лампы накаливания	63
§ 4. Дуговые лампы	68
§ 5. Газосветные лампы	70
§ 6. Импульсные лампы	79

Часть вторая

Стр.

ФОТОГРАФИЧЕСКОЕ ВОСПРОИЗВЕДЕНИЕ В ЧЕРНО-БЕЛОМ ИЗОБРАЖЕНИИ

Глава IV

Сенситометрия	85
-------------------------	----

Глава V

Воспроизведение тонов в судебной фотографии

§ 1. Воспроизведение яркостей объекта в фотографическом изображении	105
§ 2. Методы изменения контраста	109
§ 3. Различение слабовидимых деталей в судебной фотографии	125

Часть третья

ВОСПРОИЗВЕДЕНИЕ ЦВЕТА В ЧЕРНО-БЕЛОМ И ЦВЕТНОМ ИЗОБРАЖЕНИИ

Глава VI

Цвет и его измерение

§ 1. Понятие о цвете	137
§ 2. Аддитивное образование цветов	143
§ 3. Субтрактивное образование цветов	145
§ 4. Измерение цвета	146

Глава VII

Светофильтры

§ 1. Светофильтры и их применение	156
§ 2. Характеристика светофильтров	157
§ 3. Типы светофильтров	160
§ 4. Классификация и маркировка светофильтров	161
§ 5. Изготовление светофильтров	164
§ 6. Правила обращения со светофильтрами	165
§ 7. Применение спектральных осветителей	166

Глава VIII

Правильная и искаженная передача яркостей цветных объектов в черно-белом изображении

§ 1. Правильное воспроизведение яркостей цветных объектов	168
§ 2. Цветоделительная фотография	173
§ 3. Метод маскирования	185

<i>Глава IX</i>	<i>Стр.</i>
Применение цветной фотографии в экспертной практике	189

Часть четвертая
СПЕЦИАЛЬНЫЕ ФОТОГРАФИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ

<i>Глава X</i>	
Метрическая фотография	209

<i>Глава XI</i>	
Стереоскопическая фотография	
§ 1. Стереоскопическое зрение	229
§ 2. Методы воспроизведения стереорельефа	231
§ 3. Условия правильного воспроизведения объекта в стереоскопическом изображении	233
§ 4. Практика стереоскопической съемки	236
§ 5. Применение стереофотографии в криминалистической экспертизе	239

<i>Глава XII</i>	
Микроскопия и микрофотография	

I. Микроскопия	
§ 1. Микроскопия как метод исследования вещественных доказательств	242
§ 2. Приборы для микроскопического исследования вещественных доказательств	242
§ 3. Микроскоп как оптический прибор	245
§ 4. Механическая и оптическая части микроскопа	247
§ 5. Вспомогательная оптическая система микроскопа, источники света, осветители	250
§ 6. Методика микроскопического исследования вещественных доказательств	253
§ 7. Микроскопические измерения	265

II. Микрофотография	
§ 1. Введение	276
§ 2. Микрофотографирование с одним объективом	277
§ 3. Микрофотографирование через микроскоп	279
§ 4. Глубина резкости при микросъемке	281
§ 5. Микрофотографические аппараты	282
§ 6. Методика микрофотографии	284
§ 7. Особые случаи микросъемки	285

Глава XIII

Стр.

Исследования в поляризованном свете

§ 1. Понятие о поляризованном свете	292
§ 2. Поляроиды	295
§ 3. Применение поляризационных фильтров при криминалистических исследованиях	296
§ 4. Поляризационный микроскоп	298

Глава XIV

Контактно-диффузионные методы исследования

§ 1. Введение	305
§ 2. Копирование на папиросную бумагу	305
§ 3. Диффузия органических красителей в желатиновый слой	306
§ 4. Горячее копирование	309
§ 5. Адгезия при копировании	309
§ 6. Контактно-диффузионные методы с применением светочувствительных фотографических слоев	310
§ 7. Электролиз при контактном методе	313
§ 8. Электрофорез для переноса органических красителей	314

Глава XV

Особые случаи фотографирования и применения фотографических методов

I. Фотографирование следов папиллярных узоров 316

II. Фотографирование оптических неоднородностей и повреждений стекла

§ 1. Оптические неоднородности стекла и их выявление	321
§ 2. Фотографическая фиксация повреждений стекла	324

III. Методы фиксации следов микроскопического размера 326

Часть пятая

ФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Глава XVI

Исследование в инфракрасных лучах

§ 1. Применение инфракрасных лучей при криминалистических исследованиях	337
§ 2. Техника работы с инфракрасными лучами	339

	<i>Стр</i>
§ 3. Визуальные наблюдения в крайней красной и ближней инфракрасной частях спектра	352
§ 4. Визуальные наблюдения с помощью электронно-оптических преобразователей	353
§ 5. Фотографирование в инфракрасных лучах	355
§ 6. Фотометрические и спектрофотометрические измерения	362
§ 7. Абсорбционный молекулярный анализ	366
§ 8. Применение инфракрасных лучей при криминалистических исследованиях	367

Глава XVII

Исследования в ультрафиолетовых лучах

§ 1. Ультрафиолетовые лучи и их применение	382
§ 2. Источники ультрафиолетовых лучей	384
§ 3. Способы выделения ультрафиолетовых лучей	390
§ 4. Приемники ультрафиолетовых лучей	394
§ 5. Методы исследования в ультрафиолетовых лучах	397
§ 6. Применение ультрафиолетовых лучей при криминалистическом исследовании вещественных доказательств	407

Глава XVIII

Люминесцентный анализ

§ 1. Природа и основные закономерности явления фотолюминесценции	416
§ 2. Визуальное наблюдение фотолюминесценции	421
§ 3. Фотографирование картины люминесценции	427
§ 4. Исследование красной и инфракрасной люминесценции	429
§ 5. Исследование ультрафиолетовой люминесценции	432
§ 6. Люминесцентная микроскопия	433
§ 7. Аппаратура для исследования люминесценции	434
§ 8. Приемы люминесцентного анализа	437
§ 9. Катодо- и рентгенолюминесценция	454
§ 10. Хемилюминесценция	455

Глава XIX

Исследования в рентгеновских лучах

§ 1. Рентгеновские лучи и возможности использования их при криминалистических исследованиях	457
§ 2. Свойства рентгеновских лучей	459
§ 3. Рентгеновские аппараты	463
§ 4. Рентгеновская лаборатория и ее оборудование	467
§ 5. Методы исследования в рентгеновских лучах	469
§ 6. Метод просвечивания	470
§ 7. Фотоэлектронография	479
§ 8. Рентгеновский структурный анализ	482

	<i>Стр.</i>
§ 9. Рентгеновский спектральный анализ	485
§ 10. Применение рентгеновских лучей в различных случаях криминалистического исследования вещественных дока- зательств	485

Глава XX

Применение радиоактивных изотопов и излучений при исследовании вещественных доказательств

§ 1. Радиоактивные излучения и их свойства	498
§ 2. Гаммаграфия (гаммадефектоскопия)	499
§ 3. Применение бета-лучей при криминалистических иссле- дованиях	509
§ 4. Измерение толщины объектов с помощью бета-лучей . .	512
§ 5. Бетарадиография	515

ПРИЛОЖЕНИЕ

Применение физических и фотографических методов при исследовании документов	523
--	-----



Коллектив авторов
«ФОТОГРАФИЧЕСКИЕ И ФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ
ИССЛЕДОВАНИЯ ВЕЩЕСТВЕННЫХ
ДОКАЗАТЕЛЬСТВ»

*

Редактор *Е. Я. Лямина*
Переплет художника *П. Ф. Белоза*
Художественный редактор *А. И. Заболотнов*
Технический редактор *Н. М. Тарасова*
Корректоры *В. И. Веселых и Л. И. Ушанова*

Сдано в набор 8/VI 1961 г. Подписано к печати
3/I 1962 г. Формат бумаги 84×108¹/₃₂. Объем:
физ. печ. л. 14,0; условн. печ. л. 28,56; учетно-изд.
л. 26,56. Тираж 10 000. А-00801. Цена 90 коп.
Заказ № 2591.

Госюриздат — Москва, Б-64, ул. Чкалова, 38—40.

Типография № 2 им. Евг. Соколовой
УПП Ленсовнархоза.
Ленинград, Измайловский пр., 29.

90 коп.

